

**Lämpölaitoksien varavoimakäyttöjen
ohjausjärjestelmän
toteutus**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Valkeakoski, kevät 2017

Aki Nieminen

Aki Nieminen

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
VALKEAKOSKI

Tekijä	Aki Nieminen	Vuosi 2017
Työn nimi	Lämpölaitoksien varavoimakäyttöjen ohjausjärjestelmän toteutus	
Työn ohjaaja	Hannu Pohjasto	

TIIVISTELMÄ

Tämän työn on tilannut Jämsän Aluelämpö Oy. Jämsän Aluelämpö Oy:n Hallin lämpölaitoksen alueelle valmistuu uusi 4 MW:n biolämpölaitos helmikuussa 2017. Uuteen laitokseen asennettiin myös toinen varavoimakone turvaamaan kattilalaitokset poikkeustilanteissa.

Tämän työn tavoitteena on luoda automaattinen käyttövarma ohjausjärjestelmä biolämpölaitosten varavoimajärjestelmän katkaisijoiden ja varavoimakoneiden ohjaukseen, valvontaan ja käyttöön siten, että poikkeustilanteissakin voivat biolämpölaitosten KPA-kattilat olla turvallisesti normaalissa lämmön tuotannossa.

Uuteen biolämpölaitokseen tulevan toisen varavoimakoneen myötä voidaan KPA-kattiloilla ajaa tuotantoa myös sähkökatkostilanteissa edellyttäen, että molemmat varavoimakoneet ovat käyttövalmiina ja käytettävissä.

Tässä työssä tehtiin toimintakuvauksen varavoimajärjestelmän varavoimakoneille ja katkaisijoille eri tilanteisiin. Työssä suunniteltiin apujännite jakelu katkeamattomaksi häiriö tilanteissa, sekä rinnanajon toimintakuvaus KPA-kattiloille.

Tämän opinnäytetyön tuloksena syntyi automaattinen varavoima järjestelmä kattilalaitoksille. Tästä työstä syntyi tilaajalle kustannus säästöjä, kun tuotantoa voidaan ajaa häiriötilanteissa edullisemmalla biopolttoaineella. Kattiloiden automaattisella alasajolla saatiin suojattua kattilat mahdollisilta vaurioilta kuiviin kiehuessaan.

Avainsanat Biolämpölaitos, varavoimajärjestelmä, apujännite, kattila

Sivut 39 sivua, joista liitteitä 10 sivua

Degree Programme in Automation Engineering
VALKEAKOSKI

Author	Aki Nieminen	Year 2017
Subject	Implementation of control system with heating plants standby generators	
Supervisor	Hannu Pohjasto	

ABSTRACT

This thesis was commissioned by Jämsän Aluelämpö Oy. A new 4 MW bio heating plant will be completed in the Halli heating plant area. In February 2017 into this new plant there was also another standby power machine installed to secure the boilers in case of failure.

The subject of this thesis project was is to create an automatic and reliable control system to control, supervise and use the switches and standby power generators so that even in a state of emergency the solid fuel boilers would keep producing heat safely.

With the second standby generator, the solid fuel boilers can produce energy also in power failure states given that the standby generators are ready-to-use and operable.

In this project a performance specification was created both for the standby generators and the switches of the standby system for different situations. The distribution of continuous auxiliary voltage with incidents and parallel performance specifications for the solid fuel boilers were planned in this project.

As a result of this thesis, project an automatic standby power system for the boiler plants was created. This is cost saving for the commissioner of the thesis because in a case of a failure production can continue with less expensive biofuel. With an automatic shutdown of the boilers, they were protected against possible damages if boiling dry.

Keywords Bio heating plant, standby power system, auxiliary voltage, boiler

Pages 39 pages including appendices 10 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TILAAJA JA TILAAJAN ASETTAMAT OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET	2
3	TOIMINTAKUVAUKSET	5
3.1	Varavoimakoneiden ja katkaisijoiden toimintakuvaukset	7
3.1.1	Molemmat kattilat tuotannolla ja molemmat varavoimat käytettävissä	7
3.1.2	Molemmat kattilat tuotannolla ja toinen varavoima käytettävissä	8
3.1.3	Toinen kattila tuotannolla ja molemmat varavoimat käytettävissä	9
3.1.4	Toinen kattila tuotannolla ja toinen varavoima käytettävissä	10
3.1.5	Varavoimakoneiden koeajo tuotannon aikana	10
3.2	Kattilalogiikan toimintakuvaus	10
3.2.1	7 MW:n KPA-kattilan käyntilupa	11
3.2.2	4 MW:n KPA-kattilan käyntilupa	12
3.3	KPA-kattiloiden rinnanajo	12
4	VARAVOIMAKONEIDEN JA KATKAISIJOIDEN OHJAUSLOGIIKKA	16
4.1	Apujännitejärjestelmän toteutus	17
4.2	Varavoimakoneet	18
4.3	Comap IM-NT-BB	20
4.4	Intelvision 5	20
4.5	Comap InternetBridge-NT	21
4.6	Sähköverkon katkaisijat	23
5	KATTILOIDEN JÄÄHDYTYS	25
6	LAITOSTEN OHJAUSLOGIIKKA	26
7	LAITOSTEN KÄYTTÖLIITTYMÄ	27
8	YHTEEVETO	28
	LÄHTEET	29
	Liitteet	
Liite 1	Hallin lämpölaitoksien PI/kaavio.	
Liite 2	Varavoimakoneiden lukitukset käyntilupa ehtoihin	
Liite 3	7 MW KPA-kattilan lukitusohjelma Siemens logiikalla.	
Liite 4	4 MW KPA-kattilan lukitusohjelma Siemens logiikalla.	
Liite 5	KPA – kattiloiden rinnanajokaavio.	
Liite 6	UPS - keskuksen piirikaavio.	
Liite 7	4 MW:n laitoksen pääkatkaisijan historiatiedot	
Liite 8	Turvalogiikan logiikkakaavio	
Liite 9	TLJ-lukitus kaavio kattilaveden yllilämpö laukaisussa	
Liite 10	Kattilalaitoksien sähköverkon jakelu	

1 JOHDANTO

Tämä työ tehtiin Jämsän Aluelämpö Oy:n Hallin biolämpölaitokselle. Hallin alueelle on rakennettu vuosien 2002 ja 2003 aikana kaukolämpöverkko ja biolämpökeskus. Kaukolämpöverkkoon on liitetty alueella sijaitsevat teollisuuskiinteistöt, entinen varuskunta ja myös osa alueen rivitaloista ja omakotitaloista. Lämpöenergia on tuotettu 7 MW:n kiinteää polttoainetta käyttävällä arinakattilalla ja 2+4+6 MW:n öljykattiloilla, jotka toimivat huippu- ja varakattiloina. Lämpölaitosalueelle valmistuu helmikuussa 2017 uusi biolämpökeskus teholtaan 4 MW, joka korvaa nykyisen raskaan polttoöljyn käytön kokonaisuudessaan. Uudella kattilalla voidaan tuottaa myös kesäaikaan biopolttoaineilla edullista kaukolämpöä. Alueen hiilidioksidipäästöt tulevat vähenemään, kun fossiilisen polttoaineen, öljyn, käyttö pääosin loppuu. Myöskin vuoden 2018 alkuun mennessä tehtävä muutos raskaan polttoöljyn (rikkipäästöjen) käytön lopettamiseksi on helpompi toteuttaa.

Jämsän Aluelämpö Oy:n asettamien tuotanto- ja päästötavoitteiden täyttyminen edellyttää yli 97 %:n biopolttoaineiden käyttöä alueella ja siten biokattiloiden käytettävyyden tulee olla korkealla tasolla. KPA-kattiloiden lähes jatkuva käyttö edellyttää niiden käyttöturvallisuudesta huolehtimista. Käyttöturvallisuuden kannalta merkittävin asia on sähkönjakeluverkon pysyvyys. Hallin alue on tyypillistä maaseutuverkon jakelualueita ja siellä esiintyy satunnaisesti sähkökatkoksia. Nykyisellä biolämpökeskuksella on sähkökatkoksia varten varavoimakone, joka käynnistyy automaattisesti sähkökatkostilanteessa. Sähkökatkoksen aikana ei voida kuitenkaan tuottaa KPA-kattilalla energiaa vaan sen palamisprosessi ajetaan ensin alas ja kattilavesi jäädytetään alle kiehumispisteen. Tämän jälkeen siirrytään öljyn käyttöön. Hallin lämpökeskus toimii miehittämättömänä ja on 25 km:n päässä Jämsästä. KPA-kattilan alasajon jälkeen tulee päivystäjän ajaa Halliin odottamaan sähkökatkostilanteen päättymistä ja vasta sen jälkeen päivystäjä voi käynnistää KPA-kattilan uudelleen lämmön tuotantoon. Uudelleen käynnistäminen vie normaalisti 0,5..1 tunnin ajan.

Kun uuden 4 MW:n laitoksen suunnittelu vuoden 2015 aikana lähti alkuun, Jämsän Aluelämpö asetti tavoitteeksi tuottaa lämpöenergiaa biopolttoaineilla myös sähkökatkoksen aikana. Käytössä olleiden KPA-kattiloiden tuli lähteä turvallisesti tuotantoon, kun se on käyttöturvallisuuden kannalta mahdollista. Tavoitteen toteuttaminen edellytti kahden varavoimakoneen käyttöä.

Uudelle biolämpölaitokselle päätettiin hankkia uusi varavoimakone, joka liitetään nykyisen varavoimakoneen kanssa samaan sähkönjakelujärjestelmään. Kun molemmat varavoimakoneet ovat käytettävissä sähkönkatkoksen aikana, ei KPA-kattiloiden/KPA-kattilan käyttöä estetä vaan käytössä olleet KPA-kattilat ohjataan uudelleen lämmöntuotantoon ja öljykattiloiden käyttöä ei aloiteta. Jos vain yksi varavoimakone on käytettävissä, ajetaan KPA-lämpökattilat alas ja jäähdytetään ne ennen siirtymistä öljykattiloiden käyttöön.

Viranomaissäädösten mukaan KPA-kattiloilla ei leijupetikattilaa lukuun ottamatta saa ajaa tuotantoa, jollei kattilan jäähdytystä ole turvattu sähkötukostilanteissa. Tämä edellyttää vähintään kahden varavoimakoneen käyttöä, joista toinen voi olla teholtaan tarvittaessa pienempi ja toisen teho tuotantotilanteen tehoa vastaava. Myös polttomoottoripumppua voidaan käyttää turvaamaan kattilan jäähdytystä.

2 TILAAJA JA TILAAJAN ASETTAMAT OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Jämsän Aluelämpö Oy. Jämsän Aluelämpö Oy on 20.12.1979 perustettu kaukolämpötoimintaa Jämsän, Jämsänkosken, Kaipolan ja Hallin alueella harjoittava yritys. Yhtiön omistaa kokonaisuudessaan Jämsän kaupunki. Lämmönmyyntiä yrityksellä on noin 130 GWh vuodessa ja liikevaihto noin 6.3 milj. euroa. Yhtiössä on henkilökuntaa 7 henkilöä. Asiakkaina yrityksellä on noin 500 kiinteistöä. Omia lämpölaitoksia Jämsän Aluelämpö Oy:llä on 4 kpl yhteisteholtaan 47,6 MW. Laitokset ovat Hallin lämpölaitosta lukuun ottamatta huippu- /varalaitoksia. Pääosan lämpöenergiasta Aluelämpö ostaa UPM-Kymmeneltä. (Vuosikertomus, 2015.)

Jämsän Aluelämpö Oy asetti tilaamalleen työlleen seuraavat yksilöidyt tavoitteet:

1. Varavoimajärjestelmän automaattisen ohjausjärjestelmän toteutus siten, että KPA-kattiloiden lähes jatkuvan käytön tavoitteet toteutuvat myös poikkeustilanteissa.
2. Varavoimajärjestelmän apujännitejärjestelmän toimivuuden turvaaminen kaikissa todennettavissa tilanteissa
 - Käytännössä vaarallisimmat tilanteet ja suurimmat vauriot kattiloille ovat kokemuksen mukaan syntyneet apujännitejärjestelmän vikaantumisen yhteydessä, jolloin varavoimakone ei ole käynnistynyt tai ei ole kyennyt kytkemään sähkönsyöttöä keskuksille (esim. tapaukset Kotkassa ja Nurmeksessa).
3. Automaattinen KPA-kattiloiden turvallinen lämmön tuotantoon ajo siinä laajuudessa kuin varavoimakoneiden käyttötilanne mahdollistaa sen.
 - Yksi tai kaksi KPA-kattilaa tai vain öljykattiloita

Lämpölaitoksilla on yhteinen kaukolämpöverkoston pumppaus sekä yhteinen sähkösyöttö, mutta erilliset pääkeskukset katkaisijoihin. Lämpölaitoskokonaisuudessa on käytettävissä kaksi (2) varavoimakonetta. Kun molemmat varavoimakoneet ovat käytettävissä, voidaan pitää sähköverkon katkoksen yhteydessä KPA-kattilat normaalissa lämmön tuotannossa huomioiden kuitenkin varavoimakoneiden tehotilanteet.

Sähkökatkoksen tapahtuessa pumput pysähtyvät välittömästi ja lämmön siirtyminen kattilasta pois loppuu heti. KPA-kattila on voinut olla ennen sähkökatkosta täydellä teholla ja siten palotilassa arinalla on palaminen voimakasta ja sen alas ajaminen tapahtuu hitaasti. Tästä syystä kattilan vesimäärän keskimääräinen lämpötila alkaa nousemaan melko nopeasti, noin $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Polttotehon pienentyessä tulipinnat jäähtyvät, joka vähentää luonnollista veden kiertoa ja vesitilan lämpötilan nousu on nopeampaa noin $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$. (Lampinen 2016.)

Kattiloiden jäähdytys tulisi saada käyntiin vähintään 5 minuutin sisällä mikä edellyttää varavoimakoneen/ koneiden käynnistymistä, sähkökeskuksissa ja varavoimakoneilla olevien katkaisijoiden toimintaa tai tietenkin normaalin sähköverkon palautumista. Jo puolen tunnin jäähdytyksen puute aiheuttaa lämpötilaan $n.30\text{ }^{\circ}\text{C}$:een nousun mikä merkitsee kattilaveden lämpötilan nousua $n.145\text{ }^{\circ}\text{C}$:een. Uuden biokattilan mitoituslämpötila on $130\text{ }^{\circ}\text{C}$:tta. Siten ylitetään mitoitusarvot ja kattilassa vesi alkaa kiehua ja seurauksena pahimmillaan on vakava vaurio kattilassa.

Kohdan 2 tavoitteena on luoda apujännitejärjestelmän toteutus siten, että yhden virtalähteen vaurio ei estä varavoiman käynnistymistä ja katkaisijoiden ohjausta. Lisäksi jokaista virtalähdettä valvotaan jatkuvasti ja virtalähteen häiriöstä ja jännitevirheistä annetaan yksilöidyt hälytykset valvomoon ja edelleen päivystykseen.

Kohdan 3 tavoitteena on tehdä automaatiojärjestelmien puolelle ohjelmat, joiden avulla voidaan erilaiset käyttötilanteet ja kattiloiden alasajot sekä normaaliin käyttötilaan ajot toteuttaa automaattisesti varavoimakäyttötilanteen mukaan.

Kohdan 4 tavoitteena on luoda KPA-kattiloille automaattinen rinnankäyttöohjelmisto, joka huomioi myös erilaiset varavoiman käyttötilanteet ja palvelee myös normaalissa käyttötilanteessa kattiloiden tehonjaon säätämisessä.

Kohdan 5 tavoitteena on luoda sähköverkon ja varavoimaverkon tilannekuva sellaisena, että se kuvaa erittäin selkeästi sähkönjakelun kokonaistilannetta ja vastaavaa ei tämän tehoisissa biolaitoksissa ole ollut saatavilla.

3 TOIMINTAKUVAUKSET

Toimintakuvaukset liittyvät tavoitteen 3 toteutukseen ja osin myös tavoitteen 1 toteutukseen.

Varavoimakoneiden ja katkaisijoiden tilatiedoista on tehty lukitusehdot kattiloiden käyntiluvaksi. Tilatiedot on koottu uuden 4 MW kattilan ohjauslogiikkaan. Kattiloiden ohjauslogiikoille annettava käyntilupa tarkoittaa, lupaa kattilan ohjauslogiikalle ajaa ylös ajo sekvenssi. Ylös ajo sekvenssissä ajetaan KPA-kattila tuotannolle kattila valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti.

Kattilan alas ajo toteutetaan kattiloiden ohjauslogiikoissa. Alas ajossa kattila ajetaan turvalliseen tilaan kattilan valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Normaalit varavoimakäytöt hoidetaan ja hallitaan varavoimakoneiden omien ohjausjärjestelmien kautta.

Toimintakuvaukset tehtiin katkaisijoiden ja varavoimakoneiden ohjauslogiikalle, kattilalogiikoille kattiloiden käyntiluville häiriötilanteissa, sekä molempien biokattiloiden rinnanajolle. Katkaisijoiden ohjaukselle tehtiin toimintakuvaukset kaikilla ajotapavaihtoehdoilla. Toimintakuvauksien avulla tehtiin lukitusohjaukset ja sekvenssit. Ajotapoja on viisi (5) erilaista:

1. Molemmat kattilat tuotannolla ja molemmat varavoimakoneet käytettävissä

BIO 7 MW		
BIO 4 MW		
	VVK 1	VVK 2

2. Molemmat kattilat tuotannolla ja yksi varavoimakone käytettävissä

BIO 7 MW		
BIO 4 MW		
	VVK 1	VVK 2

3. Toinen kattila tuotannolla ja molemmat varavoimakoneet käytettävissä

BIO 7 MW		
BIO 4 MW		
	VVK 1	VVK 2

4. Toinen kattila tuotannolla ja yksi varavoimakone käytettävissä

BIO 7 MW		
BIO 4 MW		
	VVK 1	VVK 2

5. Varavoimakoneiden koeajo tuotannon aikana

Varavoimakoneet koeajetaan kerran kuukaudessa. Koeajo suoritetaan lämmöntuotannon ollessa käynnissä. Varavoimakoneet käynnistyvät ja tahdistuvat verkkoon ja varavoimakatkaisijoiden kiinniohjautumisen jälkeen irrotetaan sähköjakeluverkosta avaamalla verkkokatkaisija, jonka jälkeen biolämpölaitoksen kuorma otetaan varavoimakoneille. Näin saadaan testattua kaikki katkaisijat ja varavoimakoneet. Tämä testaaminen kirjataan ylös kattiloiden lokikirjaan, mihin kirjataan myös kaikki kattiloiden turvalaitteisiin tehdyt muutokset.

3.1 Varavoimakoneiden ja katkaisijoiden toimintakuvaukset

Varavoimakoneiden ja katkaisijoiden ohjaukselle tehtiin kaikille vaihtoehdoille omat toimintakuvaukset. Kuvaukset tehtiin askelmuodossa. Kuvauksissa määritellään toimenpiteet katkaisijoiden ja varavoimakoneiden toiminnalle häiriötilanteessa sekä sähköjen palautuessa. Kuvauksissa käytettiin seuraavia lyhenteitä:

- VVK 1 = 7 MW lämpölaitoksen varavoimakone.
- VVK 2 = 4 MW lämpölaitoksen varavoimakone.
- PK 1 = 7 MW lämpölaitoksen sähköpääkeskus.
- 0Q1 = 7 MW lämpölaitoksen pääkatkaisija.
- 0Q2 = 7 MW lämpölaitoksen varavoimakatkaisija.
- PK 2 = 4 MW lämpölaitoksen sähköpääkeskus.
- 2Q1 = 4 MW lämpölaitoksen pääkatkaisija.
- 2Q2 = 4 MW lämpölaitoksen VVK 2:n välikatkaisija.
- 2Q3 = 4 MW lämpölaitoksen varavoimakatkaisija.

3.1.1 Molemmat kattilat tuotannolla ja molemmat varavoimat käytettävissä

1. Käynnistetään VVK 1.
2. Käynnistetään VVK 2.
3. Avataan 0Q1 katkaisija.
4. Suljetaan 0Q2 katkaisija.
5. Tarkistetaan onko 2Q1 katkaisija kiinni, jollei ole, ajetaan katkaisija kiinni.
6. Tahdistetaan VVK 2 verkkoon.
7. Suljetaan 2Q3 katkaisija.
8. Tasataan kuorma varavoimakoneiden tehojen mukaisesti.

Sähköjen palautuessa:

1. Odotetaan 5 min mahdollisien pika jälleen kytkentöjen vuoksi.
2. Tahdistetaan varavoimakoneet verkkoon.
3. Ajetaan 0Q1 katkaisija kiinni.
4. Siirretään kuorma varavoimakoneilta verkolle.

5. Avataan 0Q2 katkaisija.
6. Avataan 2Q3 katkaisija.
7. VVK 1 jäähdytyskäytölle.
8. VVK 2 jäähdytyskäytölle.
9. Sammutetaan VVK 1.
10. Sammutetaan VVK 2.

Mikäli VVK 1 menee häiriöön:

1. Katkaisija 0Q2 avataan. (Tässä tilanteessa kattiloiden ohjauslogiikka ajaa kattilat alas ja siirrytään öljykäytölle.)

Sähköverkon palautuessa:

1. Odotetaan 5 min.
2. Tahdistetaan VVK 2 verkkoon.
3. Ajetaan 0Q1 kiinni.
4. Siirretään kuorma VVK 2:lta verkolle.
5. Avataan 2Q3.
6. VVK 2 jäähdytyskäytölle.
7. Sammutetaan VVK 2.

Mikäli VVK 2 menee häiriöön:

1. Avataan 2Q3. (Tässä tilanteessa kattiloiden ohjauslogiikka ajaa kattilat alas ja siirrytään öljykäytölle.)

Sähköverkon palautuessa:

1. Odotetaan 5 min.
2. Tahdistetaan VVK 1 verkkoon.
3. Ajetaan 0Q1 kiinni.
4. Siirretään kuorma VVK 1:lta verkolle.
5. Avataan 0Q2.
6. VVK 1 jäähdytyskäytölle.
7. Sammutetaan VVK 1.

3.1.2 Molemmat kattilat tuotannolla ja toinen varavoima käytettävissä

1. Käynnistetään käyttövalmiina oleva varavoimakone.
2. Avataan 0Q1 katkaisija.
3. Ajetaan käynnistettävän varavoimakoneen katkaisija kiinni 0Q2 tai 2Q3. (Tässä tilanteessa kattiloiden ohjauslogiikka ajaa kattilat alas ja siirrytään öljykäytölle.)
4. Tarkistetaan onko 2Q1 kiinni, jollei ole, ajetaan katkaisija kiinni.

Sähköjen palautuessa:

1. Odotetaan 5 min mahdollisien pika jälleen kytkentöjen vuoksi.
2. Tahdistetaan käynnissä oleva VVK verkkoon.
3. Ajetaan 0Q1 katkaisija kiinni.
4. Siirretään käynnissä olevalta VVK:lta kuorma verkolle.
5. Avataan käynnissä olevan VVK:n katkaisija. (0Q2 tai 2Q3)

6. Jätetään käynnissä oleva VVK jäähdytyskäynnille.
7. Sammutetaan käynnissä ollut varavoimakone.

3.1.3 Toinen kattila tuotannolla ja molemmat varavoimat käytettävissä

1. Käynnistetään VVK 1.
2. Käynnistetään VVK 2.
3. Avataan 0Q1 katkaisija.
4. Suljetaan 0Q2 katkaisija.
5. Tarkistetaan onko 2Q1 katkaisija kiinni, jollei ole, ajetaan katkaisija kiinni.
6. Tahdistetaan VVK 2 verkkoon.
7. Suljetaan 2Q3 katkaisija.
8. Tasataan kuorma varavoimakoneiden tehojen mukaisesti.

Sähköjen palautuessa:

1. Odotetaan 5 min mahdollisien pika jälleen kytkentöjen vuoksi.
2. Tahdistetaan varavoimakoneet verkkoon.
3. Ajetaan 0Q1 katkaisija kiinni.
4. Siirretään kuorma varavoimakoneilta verkolle.
5. Avataan 0Q2 katkaisija.
6. Avataan 2Q3 katkaisija.
7. VVK 1 jäähdytyskäytölle.
8. VVK 2 jäähdytyskäytölle.
9. Sammutetaan VVK 1.
10. Sammutetaan VVK 2.

Mikäli VVK 1 vikaantuu:

1. Katkaisija 0Q2 avataan. (Tässä tilanteessa kattiloiden ohjauslogiikka ajaa kattilat alas ja siirrytään öljykäytölle.)

Sähköjen palautuessa:

1. Odotetaan 5 min.
2. Tahdistetaan VVK 2 verkkoon.
3. Ajetaan 0Q1 kiinni.
4. Siirretään kuorma VVK 2:lta verkolle.
5. Avataan 2Q3.
6. VVK 2 jäähdytyskäytölle.
7. Sammutetaan VVK 2.

Mikäli VVK 2 menee häiriöön:

1. Avataan 2Q3. (Tässä tilanteessa kattiloiden ohjauslogiikka ajaa kattilat alas ja siirrytään öljykäytölle.)

Sähköverkon palautuessa:

1. Odotetaan 5 min.
2. Tahdistetaan VVK 1 verkkoon.
3. Ajetaan 0Q1 kiinni.

4. Siirretään kuorma VVK 1:ltä verkolle.
5. Avataan 0Q2.
6. VVK 1 jäähdytyskäytölle.
7. Sammutetaan VVK 1.

3.1.4 Toinen kattila tuotannolla ja toinen varavoima käytettävissä.

1. Käynnistetään käyttövalmiina oleva VVK.
2. Ajetaan käynnistettävän VVK:n katkaisija kiinni 0Q2 tai 2Q3. (Tässä tilanteessa kattiloiden ohjauslogiikka ajaa kattilat alas ja siirrytään öljykäytölle.)
3. Varmistetaan katkaisijan 2Q1 kiinni oleminen.

Sähköjen palautuessa:

1. Tahdistetaan käynnissä oleva VVK verkkoon.
2. Siirretään kuorma käynnissä olevalta VVK:lta verkolle.
3. Ajetaan 0Q1 kiinni.
4. Avataan käynnissä oleva VVK:n katkaisija.
5. Jätetään VVK jäähdytyskäytölle.
6. Sammutetaan VVK.

3.1.5 Varavoimakoneiden koeajo tuotannon aikana

VVK 1 ja VVK 2:

1. Käännetään sähkötilassa kytkin saarekeajolle
2. Käynnistetään VVK 1 ja VVK 2.
3. Tahdistetaan varavoimakoneet verkkoon.
4. Ajetaan katkaisijat 0Q2 ja 2Q3 kiinni.
5. Otetaan kuormaa varavoimakoneille tehojen suhteessa.
6. Avataan katkaisija 0Q1.
7. Käytetään koneita 15 min.
8. Tahdistetaan koneet verkkoon.
9. Ajetaan katkaisija 0Q1 kiinni.
10. Siirretään kuormat varavoimakoneilta verkolle.
11. Avataan katkaisijat 0Q2 ja 2Q3.
12. Varavoimakoneet jäähdytyskäytölle.
13. Sammutetaan varavoimakoneet.

3.2 Kattilalogiikan toimintakuvaus

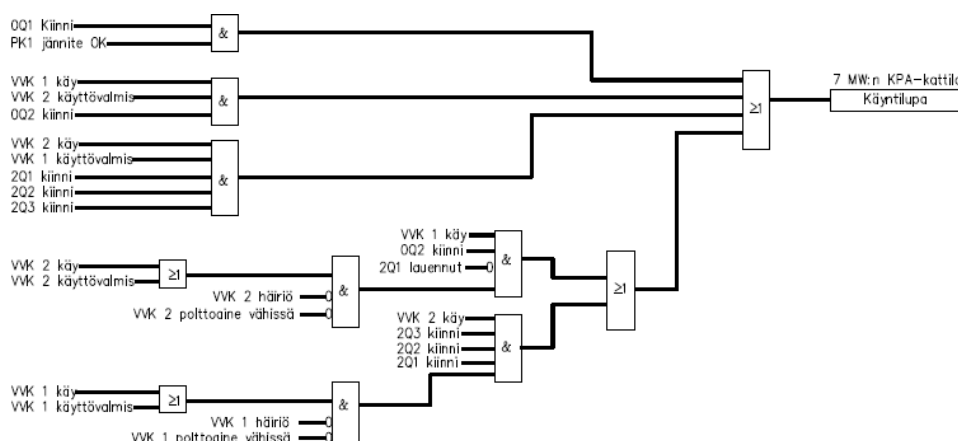
Kattilalogiikassa tehtävässä varavoimakoneiden ja katkaisijoiden tilatieto vertailussa annettiin molemmille KPA-kattiloille 7 MW:n ja 4 MW:n omat käyntiluvat. Kattilalogiikassa tehtiin päätökset, annetaanko kattiloille lupa jatkaa tuotantoa häiriötilanteessa vai ajetaanko kattila alas turvalliseen tilaan odottamaan sähköverkon palautumista. Kun kattilalle annetaan käyntilupa, ajaa kattilanohjauslogiikka kattilan tuotannolle kattilan valmistajan

antamien ylös ajo ohjeiden mukaisesti. Jollei kattila saa käyntilupaa, ajaa kattilanohjauslogiikka kattilan alas tuotannosta kattilan valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Kuvassa 2 on esitetty 7 MW:n KPA-kattilan käyntilupa lukituskaavio ja kuvassa 3 on esitetty 4 MW:n KPA-kattilan käyntilupa lukituskaavio. Kaavioista on helpompi hahmottaa, mitä lukitus ehtoja on oltava kunnossa käyntiluvan saamiseksi. Liitteenä 2 on käyntilupa lukituskaavio kokonaisuudessaan. Liitteenä 3 ja 4 on lukituskaavion mukaisesti tehty logiikkaohjelmat.

3.2.1 7 MW:n KPA-kattilan käyntilupa

Mikäli 7 MW:n KPA-kattila ei saa käyntilupaa, estetään ensiöpuhaltimen käyntiin lähteminen. Tällöin kattila ajaa itsensä alas turvalliseen tilaan odottamaan sähköjen palautumista. 7 MW:n KPA-kattilan käyntilupa on mahdollista saada neljästä (4) eri vaihtoehdosta. Neljäs vaihtoehto pitää sisällään molempien varavoimakoneiden ristiin lukituksen.

1. PK1: jännite Ok ja 0Q1 kiinni
2. VVK 1 käynnissä ja VVK 2 käyntivalmis ja 0Q2 kiinni
3. VVK 2 käynnissä ja VVK 1 käyntivalmis ja 2Q1 kiinni ja 2Q2 kiinni ja 2Q3 kiinni
4. VVK 2 käy tai VVK 2 on käyntivalmis ja VVK 2 ei ole häiriöllä ja VVK 2:lla ei ole polttoaine vähissä ja 0Q2 on kiinni ja VVK 1 käy ja 2Q1 ei ole lauennut tai VVK 1 käy tai VVK 1 on käyntivalmis ja VVK 1 ei ole häiriöllä ja VVK 1:llä ei ole polttoaine vähissä ja VVK 2 käy ja 2Q3 on kiinni ja 2Q2 on kiinni ja 2Q1 on kiinni

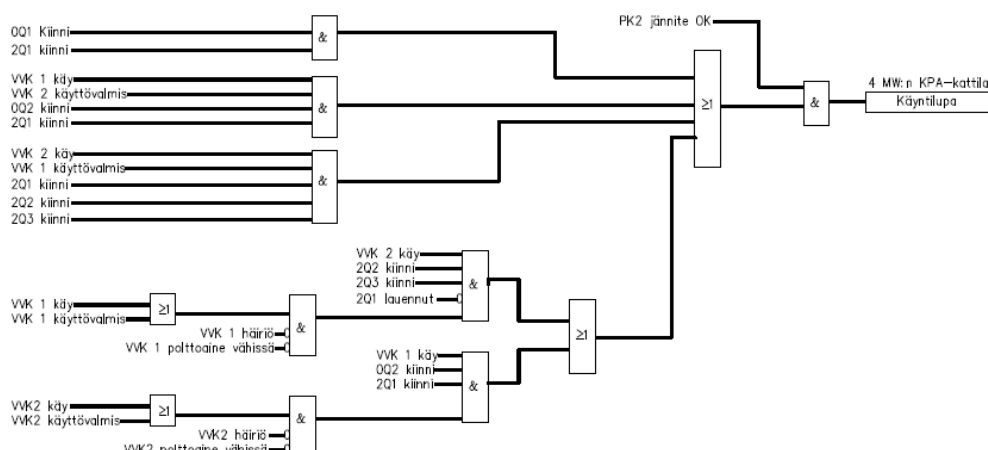


Kuva 2. 7 MW:n KPA-kattilan käyntilupa lukituskaavio.

3.2.2 4 MW:n KPA-kattilan käyntilupa

Mikäli 4 MW:n KPA-kattila ei saa käyntilupaa, annetaan kattilan ohjauslogiikalle alas ajo käsky. 4 MW:n KPA-kattilan käyntilupa on mahdollista saada neljästä (4) eri vaihtoehdosta. Neljännessä vaihtoehdossa on molempien varavoimakoneiden ristiin lukitus.

1. PK2:n jännite OK ja 0Q1 kiinni ja 2Q1 on kiinni ja PK2:n jännite on OK
2. VVK 1 käy ja VVK 2 käyttövalmis ja 0Q2 kiinni ja 2Q1 kiinni ja PK2:n jännite on OK
3. VVK 2 käy ja VVK 1 käyttövalmis ja 2Q1 kiinni ja 2Q2 kiinni ja 2Q3 kiinni ja PK2:n jännite on OK
4. VVK 1 käy tai VVK 1 on käyttövalmiina ja VVK 1 ei ole häiriössä ja VVK 1:llä ei ole polttoaine vähissä ja 2Q3 kiinni ja 2Q2 kiinni ja VVK 2 käy ja 2Q1 ei ole lauennut tai VVK 2 käy tai VVK 2 on käyttövalmiina ja VVK 2 ei ole häiriössä ja VVK 2:lla polttoaine ei ole vähissä 2Q1 kiinni ja 0Q2 kiinni ja VVK 1 käy ja PK2:n jännite on OK



Kuva 3. 4MW:n KPA-kattilan käyntilupa lukituskaavio.

3.3 KPA-kattiloiden rinnanajo

KPA- kattiloiden rinnanajon ohjelma on tehty tavoitteen 4 toteuttamiseksi. Rinnanajo-ohjelma on tehty KPA- kattiloiden rinnanajoa varten. Automaatiojärjestelmässä on lisäksi KPA- kattiloiden/kattilan tuotannon häiriötilanteita varten erillinen rinnanajo-ohjelma, jolla ohjataan öljykattiloita käytön tarpeen mukaan.

Rinnanajo tulee kyseeseen pääsääntöisesti talvella, mutta voi tulla kyseeseen muinakin aikoina, jos käytössä olevan kattilan tehoa joudutaan rajoittamaan kattilaan syntyneen ongelman takia. Kun siirrytään kahden KPA-kattilan käyttöön, tulee se päättää käyttäjien toimesta ennakkoon, jotta voidaan käynnistää seisokissa ollut kattila turvallisesti käyttöön. Vanha 7 MW:n kattila vaatii useamman tunnin ylös ajon, mutta uusi kaasuttava kattila saadaan täyteen tuotantoon n. yhden (1) tunnin aikana.

Kun molemmat KPA- kattilat ovat käytössä ja rinnanajo-ohjelma on valittu käyttöön, voidaan kattilakohtaisesti valita seuraavia asioita:

- toinen kattila vakioteholla ja toinen säätäväksi, automaattinen rinnanajo
- säätäväksi molemmat kattilat, suhteellinen tehonjako, automaattinen rinnanajo
- kattilat käsin haluttuun tilaan ja tilannetta valvotaan käyttöliittymästä

Vakioteholla kattila käy asetetulla teholla. Säätäväksi määritelty kattila säätää tehoa kaukolämpöverkon kuormituksen mukaan. Kun molemmat kattilat on määritelty säätäviksi, kattiloiden keskinäinen tehonjako pysyy asetetun tehonjakosuhteen mukaisena. Kaukolämpöverkon tehon muuttuessa muuttuu molempien kattiloiden teho tehonjakosuhteen mukaisesti. Rinnankäyttöohjelmassa on myös aseteltavissa kattilakohtainen minimiteho. Sen avulla turvataan kattilalle minimivirtaama (teho) siten, että kattila voi vielä toimia automaattisäädöillä. Vanhan puolen 7 MW:n kattilan minimiteho on n. 20 % nimellistehosta eli n. 1,4 MW. Uuden 4 MW:n kattilan minimiteho on n. 10 % kattilan nimellistehosta eli 0,4 MW. Vakiotehoasetusta kattiloille käytetään esim. mitattaessa kattiloiden hyötysuhteita. Kattiloilla voi myös olla erilaiset kokonaishyötysuhteet. Jos kattilalla on savukaasuista lämmön talteenotto (savukaasupesuri), on sen hyötysuhde korkea, laskennallinen arvo voi olla jopa 30 % suurempi kuin ilman savukaasupesuria olevalla kattilalla. Silloin kyseisen kattilan tuotanto pyritään pitämään maksimissaan ja toisen kattilan teho säätyy aina minimitehoon saakka.

Kaukolämpöverkon paine-erosta huolehditaan kaukolämpöverkon pumpuilla, yhdellä tai kahdella riippuen kaukolämpöverkon tehon tarpeesta.

Tehoina käytetään ns. laskennallista tehoa, joka lasketaan kaavalla

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

Kaavassa käytettävät lyhenteet:

- $c = 4,187 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ (veden ominaislämpökapasiteetti)
- m = veden virtaama kg:na
- Δt = kattilalta lähtevän veden lämpötilan asetusarvo – verkosta kattilalle palaavan veden lämpötila asteina ($^\circ\text{C}$)
- Q = laskennallinen teho

Jos todellinen teho on suurempi kuin laskettu teho, käytetään laskettuna tehona mitattua tehoa (MAX-valinta).

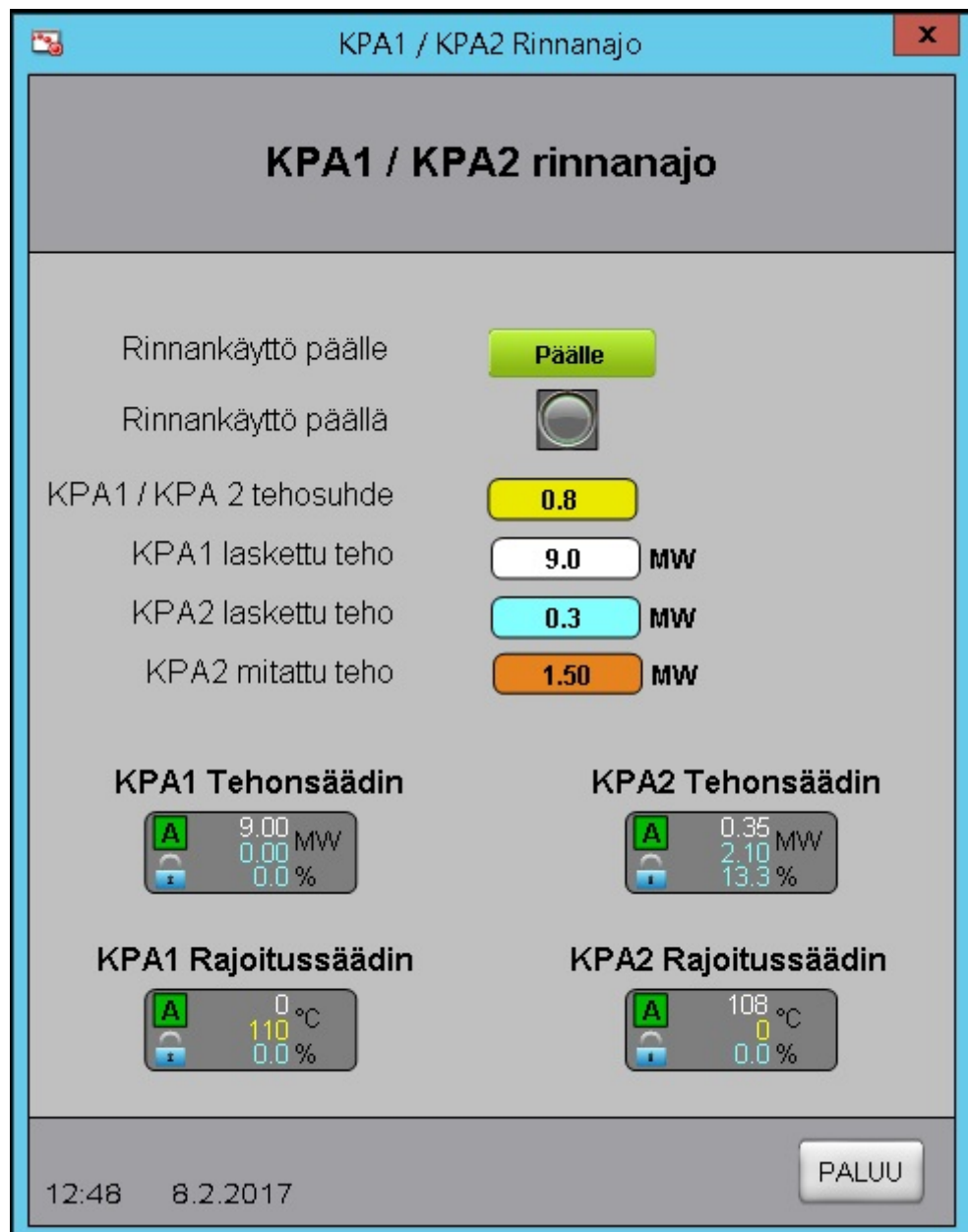
Tehonjaossa laskennallisen tehon merkitys on siinä, ettei rinnankäyttöohjelma siirrä kattilalta lähtevän veden matalan (poikkeama asetusarvoon) lämpötilan takia virtaamaa kyseiselle kattilalle, koska kattilalla on jo tuotanto-ongelma, joka on todettavissa lähtevästä lämpötilasta. Kun käytetään lämpötilan asetusarvoa laskennallisen tehon määrittelyssä, ei synny ongelmia virtaaman jakojen välillä.

Erikseen rinnankäyttöohjelmassa on kattilakohtaiset lämpötilan säätimet, joilla voidaan rajoittaa asetusten mukaan kattilan virtaamaa, jos veden lämpötila laskee alle asetetun lämpötilarajan. Tällä estetään kylmän veden syöttäminen kaukolämpöverkkoon.

Rinnankäytön käyttöliittymään käyttäjän aseteltaviksi laitettiin parametrejä, joilla käyttäjä voi ajaa ja hallita rinnanajoa edellä esitetyn mukaisesti automaattisesti tai käsin. Käyttäjän valittavissa ovat seuraavat parametrit:

- rinnankäyttö päällä
- kattilaventtiilien minimi- ja maksimiasennot
- kattiloiden lähtevän veden lämpötilat
- molempien kattiloiden minimi- ja maksimitehorajat
- kattiloiden keskinäinen tehosuhte
- kattiloiden lähtevän veden lämpötilat

Rinnanajon perusperiaate on, että tehon jako kattiloiden välillä tehdään ohjaamalla kattiloiden virtauksensäätöventtiileitä edellä esitettyjen tehonjakotoimintojen ja rajoitussäätöjen toteuttamiseksi. Kuvassa 4 on kattiloiden rinnanajon parametrinti-ikkuna.



Kuva 4. Rinnanajon parametointi-ikkuna.

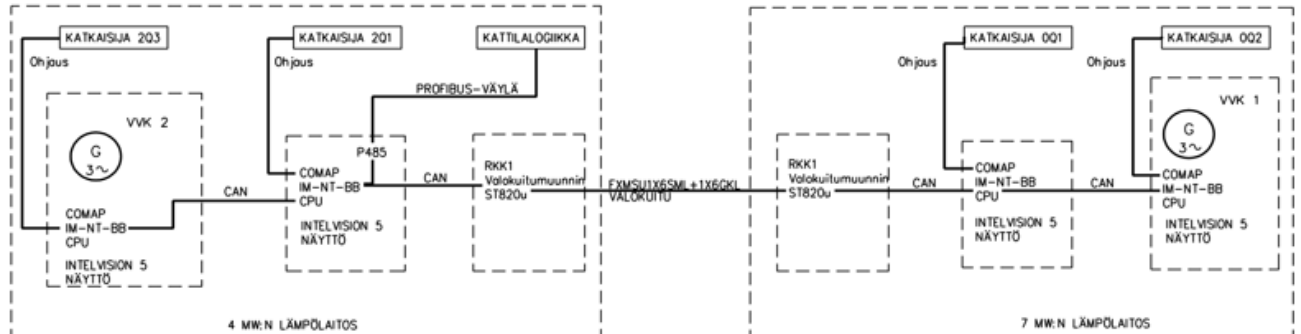
Rinnanajon ollessa pois käytöstä, pidetään käytössä olevan kattilan virtauksensäätöventtiili täysin auki.

Uusi biolämpölaitos mahdollistaa tuotannon ajamisen kiinteällä polttoaineella kovillakin pakkasilla. Ennen uutta biolämpölaitosta oli jouduttu tasaamaan huippukuormia öljykattiloilla. Tästä syystä KPA-kattiloiden rinnanajosta tehtiin automaattinen ja käyttäjän aseteltavissa oleva. Tuotantoa voidaan myös ajaa molemmilla KPA-kattiloilla häiriötilanteessa rinnanajolla. Liitteenä 5 on rinnanajon toimintakaavio. Jos KPA-kattiloiden rinnanajo-ohjelmasta huolimatta verkostoon lähtevän veden lämpötila laskee alle käyttäjän aseteltavissa olevan lämpötilan, lähtee 2 MW:n öljypoltin automaattisesti kattiloiden rinnalle tasaamaan kuormaa.

4 VARAVOIMAKONEIDEN JA KATKAISIJOIDEN OHJAUSLOGIIKKA

Varavoimakoneiden ja katkaisijoiden uudet ohjausjärjestelmät on tehty tavoitteiden 1 toteuttamiseksi mahdollisimman hyvin. Uusinta on tehty myös nykyisen lämpökeskuksen katkaisijoille ja varavoimakoneelle. Varavoimajärjestelmän varavoimakoneiden ja katkaisijoiden ohjausjärjestelmäksi valittiin Comap- järjestelmä. Valitun järjestelmän laitekanta on suunniteltu kyseisiä käyttäjiä varten ja kyseisen laitteiston referenssit olivat luotettavia ja sen käyttöliittymä käyttäjille oli hyvä.

Varavoimakoneiden ja katkaisijoiden ohjaus suoritetaan Comap IM-NT-BB controllerien avulla. Controllereita asennettiin yhteensä 4 kpl. Molemmille varavoimakoneille asennettiin omat controllerit sekä molempien keskusien pääkatkaisijoille omansa. Kaikille controllereille asennettiin lisäksi omat Intelvision 5 näytöt, mistä voidaan seurata sähköverkon tilaa. Varavoimakoneita ja katkaisijoita haluttiin seurata etänä, jonka vuoksi asennettiin myös Comap Internet Bridge NT viestintä moduuli. Controllerit yhdistetään toisiinsa CAN-väylän avulla ja lisäksi asennettiin P485C Profibus-Modbus muunnin, minkä ansiosta saatiin kattiloiden käyttöjärjestelmään katkaisija- ja varavoimakoneiden tilatiedot. Lämpölaitoksien johtoteiden pituus oli 125m ja niiden välille asennettiin valokuitu. Kuvassa 5 on katkaisijoiden ja varavoimakoneiden väylän rakenne.



Kuva 5. Katkaisijoiden ja varavoimakoneiden väylä rakenne.

4.1 Apujännitejärjestelmän toteutus

Apujännitejärjestelmän toteutuksessa lähtökohtana oli tavoitteen 4 mukaisesti mahdollisimman luotettavan apujännitejärjestelmän toteutus.

Kattilalaitosturvallisuuskomitean (KLTk) laatiman Kattilalaitoksien Turvallisuusohjeen Heinäkuu 2007 otetaan kantaa turvallisuuteen liittyvien järjestelmien sähkönsyöttöön. Sähkönsyöttö tulee järjestää varmenne-tusti. Häiriötapauksissa sähkönsyötön täytyy vaihtua automaattisesti va-rasyötölle ilman katkosta. (KLTk 2007, 79.)

Apujännitteeksi katkaisijoiden ohjaukseen valittiin 24VDC. Hakkurivirtalähteitä asennettiin kolme kappaletta rinnan, jolloin saatiin varmennettua katkaisijoiden ohjausjännite kaikissa häiriötilanteissa.

Apujännitelähteinä käytettiin kuvassa 6 näkyviä hakkurivirtalähteitä, tyy-piltään PHOENIX CONTACT HAKKURI QUINT PS-1AC/24VDC/10/230VAC. Lähtökohtana apujännitelähteiden syötössä pidettiin, että apujännite ei saa katketa missään tilanteessa. Tähän päästiin, kun asennettiin kolme hakkurivirtalähdettä rinnan, joille otettiin 230 V syöttö kolmesta eri pai-kasta. Syötöt virtalähteille otettiin seuraavista paikoista:

1. Ennen syöttökatkaisijaa, jolloin saadaan yhdelle hakkurivirtalähteelle sähkö, jos valtakunnan verkosta tulee jännitettä.
2. Varavoimakoneen ja varavoimakatkaisijan välistä, jolloin saadaan yhdelle hakkurivirtalähteelle sähkö, jos varavoimakone on käynnissä.
3. UPS-jännite syöttö. UPS-laitteisto on rakennettu niin, että laitteisto on normaalisti akuston perässä ja vaihtaa automaattisesti sähköverkolle, mikäli akuston jännite laskee. UPS-keskuksessa on erikoisnopea kontaktori, joka suorittaa vaihdon ilman katkoksia. UPS-laitteistosta tulee kattilano-ohjausjärjestelmään hälytys, mikäli akuston jännite on alhainen tai laitteisto on vaihtanut jännitejake-lun sähköverkon puolelle. Liitteenä 5 on UPS-keskuksen piirikaavio.

Apujännitelähteiden syöttöjen suunnittelussa kiinnitettiin huomio siihen, mitä katkaisijaa ohjataan, niin sen syöttöpuolelta otettiin jännite virtalähteelle. Tällöin tulee aina jännite jollekin kolmesta hakkurivirtalähteestä. Pääkatkaisijoiden ohjaukseen otettiin vielä omat akkuvarmennukset 24VDC rinnalle, joka suojattiin diodeilla. Varavoimakoneiden katkaisijoilla akku varmennus tehtiin varavoiman omilla akuilla. Akuilla on ylläpitotulurit lataamassa akkuja ja valvomassa akkujen jännitettä.

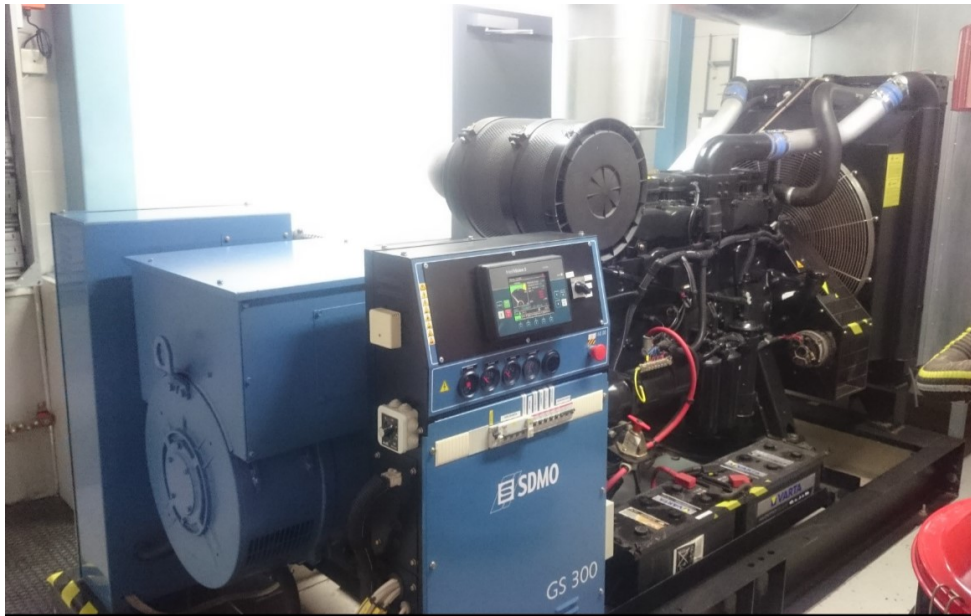


Kuva 6. Hakkurivirtalähteet Phoenix Contact.

4.2 Varavoimakoneet

Varavoimakoneita lämpölaitoksiin tulee kaksi kappaletta, molempiin laitoihin omansa. Vanhassa 7MW:n biolämpölaitoksessa on 300 kVA:n varavoimakone ja 4MW:n biolämpölaitokseen tulee uusi siirrettävä 240 kVA:n varavoimakone. Siirrettävää varavoimakonetta voidaan hyödyntää muilla tilaajan lämpölaitoksilla. Varavoimakoneet ovat dieselmootoreilla varustettuja generaattoreita. Molemmille varavoimakoneille asennettiin omat Comap- järjestelmän CPU-yksiköt, joilla koneita ohjataan ja hallitaan. Comapin controllereilta saadaan kaikki mahdollinen tilatieto ylemmää prosessilogiikkaan hyödynnettäväksi. Kuvassa 7 on 300 kVA:n varavoimakone.

Varavoimalaitokset ST-Käsikirja 31:den mukaan kuormituskoe tehdään käyttäen keinokuormaa ohjelman 0,5 h 50 % - 0,5 h 100 % ja 0,5 h 110 % mukaan. Kokeessa keinokuorma on säädettävä vähintään 1,1-kertaiseksi varavoimakoneen nimellistehoon nähden. Kokeessa testataan, että kone ottaa ongelmitta sille luvatus kuorman sähkön laadun pysyessä sallituissa rajoissa. (Hakala, ym. 2013, 134.)



Kuva 7. 300 kVA:n varavoimakone.

Kuvassa 8 on 300 kVA:n eli 240 kW:n varavoimakoneen testauspöytäkirjasta osa. Pöytäkirjasta nähdään, miten varavoimakone kuormitus testataan käyttöönotossa, jossa mitataan taajuus, jännite, virta ja teho. Varavoimakone kuormitetaan 10 % yli nimellistehonsa.

Paliers Stages	F Hertz	U Volts	I Ampères	P Kilowatts
0 %	50	401	0	0
25 %	50	400	78	60
50 %	50	400	169	120
75 %	50	399	261	180
100 %	50	402	335	240
110 % (si/ifPRP)	50	400	365	264

Kuva 8. 300 kVA:n testauspöytäkirjan osa.

4.3 Comap IM-NT-BB

Comap IM-NT-BB on monipuolinen CPU-yksikkö. Yksiköitä voidaan asentaa samaan ohjauspiiriin 32 kpl CAN-väylä myötä. Yksikkö on modulaarinen, mikä helpottaa johdotusta ja asennusta. Kuten kuvasta 9 nähdään, on yksikössä liitäntöjä monipuolisesti. Liitäntöjä on mm. Ethernet-liitäntä (RJ45), USB 2.0, RS 232, 2 kpl RS 485 sekä Modbus tuki. Laitteesta saadaan lähdöt ja tulot konfiguroitua asiakkaan tarpeiden mukaiseksi. (Comap IM-NT-BB 2016.)



Kuva 9. Comap IM-NT-BB CPU-yksikkö.

4.4 Intelvision 5

Intelvision 5 on IP 65 luokan 5,7 " värinäyttö, joka on kytkettävissä suoraan Comapin CPU-yksikköön ilman erillisiä muuntimia. Näyttö ja CPU-yksikkö käyttävät RS 485 väylää tai CAN väylää. Näytön näppäimistä viisi (5) on konfiguroitavissa asiakkaan toiveiden mukaisesti, jolloin niistä päästään suoraan esim. historia tietoihin. Alasivuja voidaan ohjelmoida asiakkaan toiveiden mukaisesti. Kuvassa 10 on Intelvision 5. (Comap IntelVision 5 2016.)



Kuva 10. Intel Vision 5.

4.5 Comap InternetBridge-NT

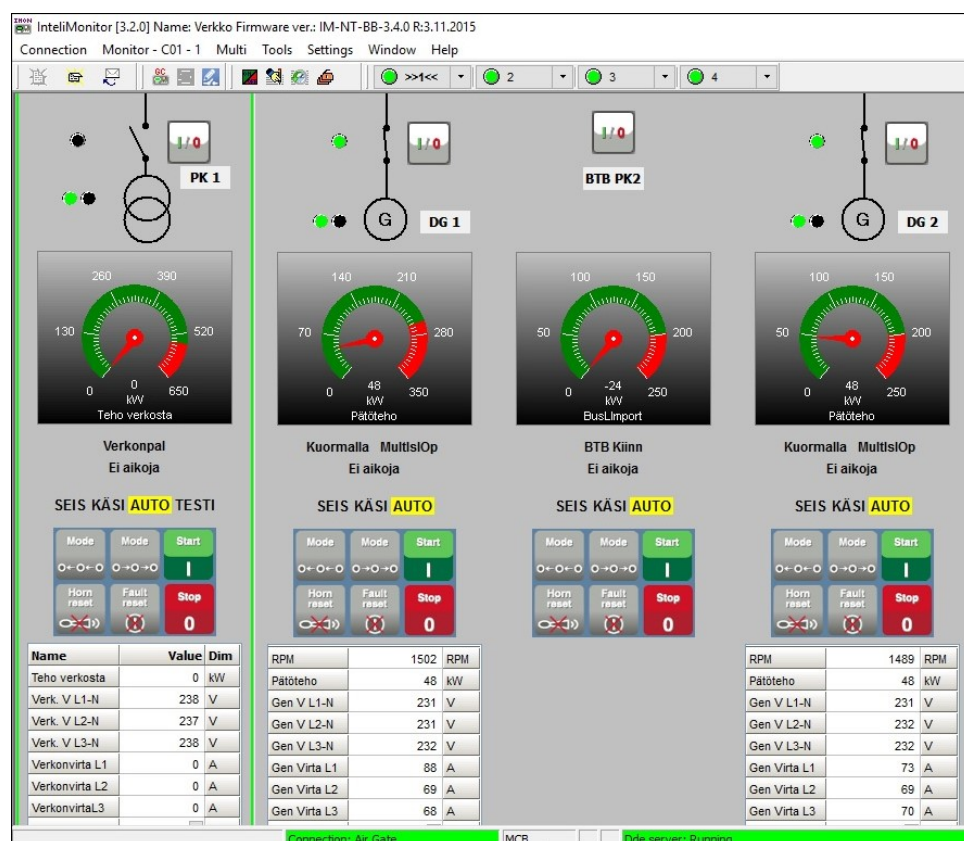
Comap InternetBridge-NT viestintä moduulilla voidaan ottaa etäyhteys varavoimajärjestelmään. Moduulilla voidaan ottaa yhteys laitteesta ulkopuoliseen järjestelmään Ethernet-liitännän kautta tai langattomasti LAN-yhteyden kautta. Moduuliin voidaan yhdistää useita ohjaimia CAN-väylän tai RS485 kautta. Ohjaimesta saadaan laitettua jatkohälytys puhelimeen ohjaimilta tulleista vioista. Kuvassa 11 on viestintämoduuli. (Comap InternetBridge-NT 2016.)



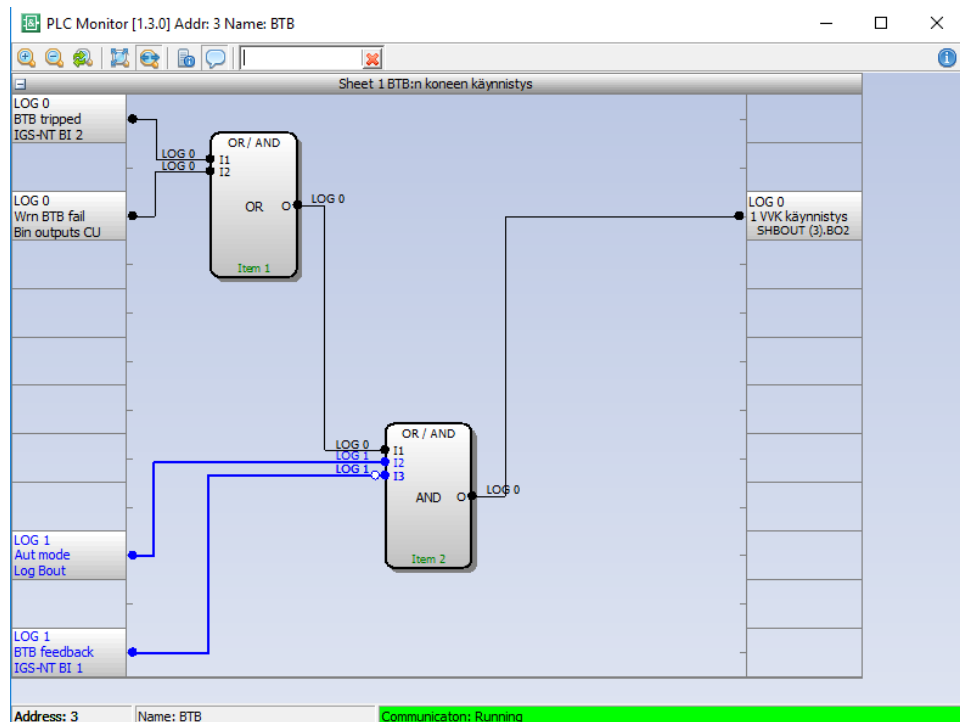
Kuva 11. Comap InternetBridge-NT.

Varavoimajärjestelmää voidaan seurata ja ohjata etänä viestintämoduulin kautta, kun asentaa tietokoneelle IntelliMonitor-ohjelman. Tässä tapauksessa ohjelma asennettiin päivystäjän tietokoneelle, jolloin hän pystyy reagoimaan välittömästi, jos hälytys tulee järjestelmästä. Kuvassa 12 on kuvakaappaus Monitor-ohjelmasta. Kuvassa molemmat varavoimakoneet ovat käynnissä ja laitokset ovat erotettuna valtakunnan sähköverkosta. Ohjelmasta näkee yhdestä näytöstä varavoimajärjestelmän sen hetkisen tilan. Kuvakaappauksesta nähdään miten Comapin ohjausyksiköt jakavat laitoksien sen hetkisen tehon tarpeen varavoimakoneiden tehojen suhteessa. Varavoimakoneita ja katkaisijoita voidaan ohjata monitor-ohjelmasta keskellä olevista painonapeista. Painonappien alapuolella olevasta taulukosta nähdään varavoimakoneiden syöttämät jännitteet ja virrat.

IntelMonitor ohjelmasta saadaan laitteiden historia tiedot luettua etänä, jotka päivittyvät ohjelmaan tunnin välein. Liitteenä 7 on 4MW:n laitoksen pääkatkaisijan historia tiedot. Listasta saadaan luettua tehot, taajuudet, vaihejännitteet, virrat ja binääritietojen tilat. Ohjelmasta pystytään tekemään ohjelmointi muutoksia etänä, mikä helpottaa vian selvittelyä ja korjauksia. Kuvassa 13 on Monitor-ohjelman ohjelmointi ikkuna.



Kuva 12. IntelliMonitor näyttö.



Kuva 13. IntelMonitor ohjelmointi ikkuna.

4.6 Sähköverkon katkaisijat

4 MW:n laitokseen valittiin verkkokatkaisijoiksi Schneiderin Masterpact NT06 ilmakatkaisijat. Katkaisijat otettiin ulosvedettävää mallia katkaisijoiden huoltotyön helpottamiseksi. Katkaisijoissa on vakiovarusteena Microlog 5P suoja releet. Kuvassa 14 on Mastepact katkaisija. 7MW:n laitoksella on katkaisijoina ABB:n Sace E-sarjan 800 A:n katkaisijat. Katkaisijat on tarkoitus vaihtaa kesällä 2017 samanlaisiin ulosvedettäviin Masterpact katkaisijoihin, jotka ovat 4 MW:n laitoksella, huoltotöiden helpottamiseksi.



Kuva 14. 4 MW laitoksen nousukeskuksen pääkatkaisija.

Katkaisijoiden asetukset laskettiin Johto 10- ohjelman avulla. Muuntamon oikosulkuvirta-arvot saatiin sähkölaitokselta. Niiden perusteella laskettiin oikosulkuvirrat vanhan laitoksen pääkeskukselle ja uuden 4MW:n biolämpölaitoksen pääkeskukselle. Pääkeskusten ilmakatkaisijoille asetukset tehtiin Taulukosta 1 näkyville suojuuksille.

Taulukko 1. Ilmakatkaisijoiden asetukset.

Tunnus	Asettelu	Asetus
Ir	Ylivirtasuojaus	$I_r = \text{dip-asettelu} \times I_n$ (esim. $0,7 \times I_n$)
tsd	Ylivirtasuojauksen viive	$t_{sd} = \text{dip-asettelu}$ (esim. 12 s.)
Isd	Viivästetty oikosulkusuojaus	$I_{sd} = \text{dip-asettelu} \times I_r$ (esim. $4 \times I_r$)
tsd	Viivästetyn oikosuojauksen viive	$t_{sd} = \text{dip-asettelu}$ (esim. 0,3 s)
li	Välitön momenttilaukaisu	$I_i = \text{dip-asetus} \times I_n$ (esim. $5 \times I_n$)

Asetukset tehtiin siten, että katkaisijat ovat selektiivisiä toisiinsa nähden.

5 KATTILOIDEN JÄÄHDYTYS

Kiinteänpolttoaineen kattiloiden jäähdytys tarvitsee varmistaa häiriötilanteissa, ettei liiallista lämpötilan nousua kattilassa pääse tapahtumaan. Kattilaveden lämpötila nousee noin $0,7 \text{ °C/ min}$ kattilan alaosassa ja kattilan yläosassa noin 1 °C/ min . Lämpötila pääsee nousemaan, vaikka kattila sammuksikin, koska muuraukset pysyvät pitkään kuumina. Jos kattilan yläosassa lämpötila nousee korkeammaksi, kuin kattilassa pumpput seis tilassa oleva staattinen paine sallii (esim. $2,5 \text{ bar} = 138 \text{ °C}$), niin kattilan yläosassa alkaa veden höyrystyminen. (Lampinen.) Höyrystymisestä seuraa paineen nousu, jolloin kattilavesi menee paisunta-astiaan paisunta-astian venttiileiden kautta, jotka yleensä on säädetty noin $2 - 3 \text{ bar}$. Tällöin alkaa kattilan yläosa kiehua kuivaksi. Tästä syystä kattiloiden syöttöpumppujen sähkönsyöttö täytyy varmentaa, jotta kattilavesi saadaan kiertämään häiriötilanteissa kattilassa. Tällöin estetään kattilan kuiviin kiehuminen ja kattilan vaurioituminen.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ohjeistaa Standardissa SFS-EN-12952-7 vesiputkikattiloiden lopputarkastuksessa testaamaan syöttöpumppujen sähkönsyötön. Mikäli pumppu on sähköinen, täytyy olla valmius ja mahdollisuus pumppu vaihtaa toiseen syöttöpiiriin, tässä tapauksessa varavoi-malle. (SFS-12952-7/2013, 74.)

6 LAITOSTEN OHJAUSLOGIIKKA

Molemmilla KPA-kattiloilla on Siemensin ohjauslogiikka. 7 MW:n laitoksessa on Siemens 400 sarjan logiikka, joka on käyttöön otettu, vuonna 2004. 400-sarjassa ohjelmat on tehty STEP7-ohjelmointi työkalulla. Uudessa 4 MW:n laitoksessa on käytetty Siemens 317F-sarjan logiikkaa. F-sarjan logiikka tarvittiin, koska kattilaohjauksen turvalukitukset tehtiin turvalogiikan puolelle. Turvalogiikalla ja ohjauslogiikalla on omat muistialueensa, jolloin samoja mittauksia voidaan käyttää laitoksen ohjauksissa ja turvalogiikassa. Turvalogiikan puolen ohjelmointi on tehty LAD-ohjelmoinnilla ja ohjauslogiikka CLC-ohjelmoinnilla. Ohjauslogiikan puolella voidaan järjestelmän mittauksia simuloida käyttöjärjestelmästä. Simulointi ei vaikuta turvalogiikan mittauksiin. Kuvassa 15 on 4 MW:n laitoksen turvalogiikka.



Kuva 15. 4 MW:n laitoksen turvalogiikka.

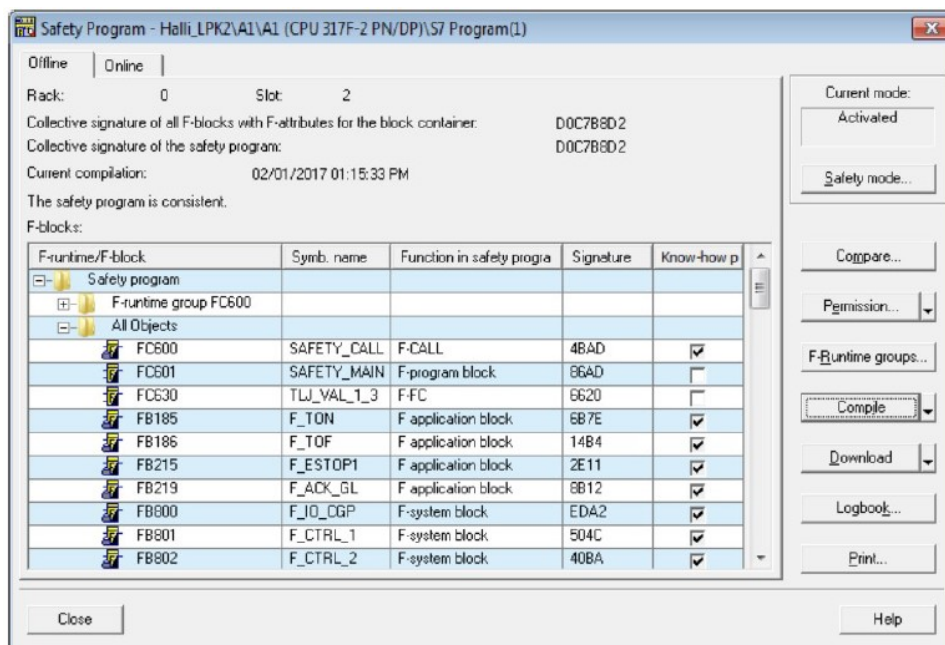
Uuden kattilan turvalogiikan logiikkakaavio (TLJ- osuus) on liitteenä 7.

Turvalogiikan osiossa jouduttiin opinnäytetyön tavoitteen 1 toteuttamiseksi pohtimaan mm. seuraavia asioita:

- kuinka nopeasti käynnistyvät varavoimakoneet ja kytkeytyvät syöttämään laitteita
- mikä aikaviive on huomioitava taajuusmuuttajille sähkön syötön kytkeytymisen jälkeen ennen kuin taajuusmuuttajakäyttöä voidaan käynnistää uudelleen.

Koekäyttöjen yhteydessä todettiin, että ns. odotusviive on n. 60 sekuntia, mihin arvoon viiveet on aseteltu automaatiojärjestelmässä uuden KPA-kattilan sähkökatkoksen jälkeisen ylös ajon toteuttamiseksi.

TLJ- piirien tarkastuksen on tehnyt Inspecta Oy yhdessä käyttäjien ja järjestelmän toteuttajien kanssa. Turvalogiikasta otetaan tarkastussumma ylös, minkä tarkastaja tarkastaa seuraavissa määräaikaistarkastuksissa. Tarkastussumma muuttuu, mikäli logiikkaan tehdään muutoksia ja silloin on löydettävä tarvittavat dokumentit ja testauspöytäkirjat näyttää tarkastajalle. Kuvassa 16 on Hallin laitoksen turvalogiikan tarkastussumma. Liitteenä 8 on TLJ-lukituskaavio kattilaveden yllilämpö laukaisussa.



Kuva 16. Hallin lämpölaitoksen turvalogiikan tarkastussumma.

7 LAITOSTEN KÄYTTÖLIITTYMÄ

Jämsän Aluelämmöllä uusittiin käyttöliittymä vuonna 2016 Wonderware System Platformiksi. Käyttöliittymä on monipuolinen ja nykyaikainen valvomo-ohjelmisto. Käyttöliittymässä on erinomaiset trendi, operoinnin seuranta ja hälytys työkalut. Käyttöliittymään tehtiin omat valvomosivut sähköverkon valvontaan (Liite 9.) mistä nähdään yhdellä silmäyksellä sähköverkon sen hetkinen tilanne.

8 YHTEEVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda automaattinen, käyttövarma ohjausjärjestelmä varavoimajärjestelmille lämpölaitoksilla, sekä automaattinen kattiloiden rinnanajo, joiden avulla turvataan turvallinen lämmöntuotanto kaikissa tilanteissa.

Aluksi tehtiin varavoimaohjauksille ja katkaisijoiden ohjauksille toimintakuvaukset. Toimintakuvaukset lähetettiin varavoimakoneen toimittajalle tarkastettavaksi ja kommentoitavaksi. Kuvaukset on hyvä lähettää toimittajalle, koska heillä voi olla uusia ideoita ja käytäntöjä kuvauksiin. Tässä työssä lisättiin varavoima ohjauksiin etäohjaus mahdollisuus päivystäjän tietokoneelle. Jälkeenpäin varavoiman etäohjaus ohjelmia lisättiin muutamalle valvomon tietokoneelle. Toimittaja teki varavoimajärjestelmän ohjaukset toimintakuvauksien mukaisesti. Sähkökatkos tilanteessa laitokset ovat sähköttöä noin 10s, jonka jälkeen laitokset ovat varavoiman perässä. Verkkoon takaisinkytkentä toteutuu katkottomasti.

Apujännitteen katkottomaan jakeluun paneuduttiin huolella. Kolmella virtalähteellä saatiin katkoton jakelu aikaiseksi. Virtalähteille otettiin syöttöjännite katkaisijoiden molemmilta puolilta, sekä UPS-järjestelmästä. Varavoimakoneiden ja katkaisijoiden ohjausjännite haluttiin vielä varmistaa omilla akuilla, jotka kytkettiin diodien avulla 24 VDC jännite jakeluun. Akkuvarmennus otettiin varavoimakoneille niiden omista akuista. Keskuksien pääkatkaisijoille asennettiin omat akut ja ylläpitolaturit.

UPS-jännite jakelun keskus suunniteltiin siten, että jännitteiden vaihto akuilta sähköverkkoon saadaan katkottomasti. Tämä onnistuu erityisnopean kontaktorin avulla. Järjestelmä vaihtaa tilaansa niin nopeasti, etteivät tietokoneet ehdi reagoimaan jännitteiden alenemiseen. Järjestelmästä tehtiin hälytykset käyttöjärjestelmään, mikäli keskus vaihtuu sähköverkon puolelle. Akuston huollon ajaksi UPS-laitteisto voidaan ohittaa keskuksen varasyötön kautta, mikä helpottaa huoltotoimenpiteitä.

KPA-kattiloiden häiriö lukituksille tehtiin toimintakuvaukset. Toimintakuvauksessa annettiin kattiloille käyntilupa häiriötilanteessa, mikäli ehdot täyttyivät. Lukitusehdot kerättiin varavoimakoneiden ja keskuksien katkaisijoiden tilatiedoista. Tämä oli tärkeä vaihe tässä työssä, koska tällöin saadaan ajaa kattiloilla tuotantoa häiriötilanteissa. Tästä syntyy kustannussäästöjä tilaajalle.

KPA-kattiloiden rinnanajolle tehtiin toimintakuvaukset ja säätötapa suunnitelmat. Kattiloiden rinnanajosta pyrittiin tekemään käyttäjille helppo hallittava. Tässä onnistuttiinkin erittäin hyvin. Käyttäjä asettaa säätöikkunaan haluamansa kattiloiden tehosuhteen. Tehosuhteen mukaan ohjelma säätää kattiloiden virtausventtiileillä kattilatehot käyttäjän haluamassa suhteessa.

LÄHTEET

Comap IM-NT-BB 2016. Haettu 5.2.2017 osoitteesta
<https://www.comap.cz/products/detail/intelimains-nt-basebox/>

Comap IntelVision 5 2016. Haettu 5.2.2017 osoitteesta
<https://www.comap.cz/products/detail/intelivision-5/>

Comap InternetBridge-NT 2016. Haettu 5.2.2017 osoitteesta
<https://www.comap.cz/products/detail/InternetBridge-NT/>

Hakala, P., Hakanen, P., Kortelainen, T., Kousa, P., Laaksonen, M., Nurmi, M., Piippo, E. 2013. Varavoimailaitokset ST-käsikirja 31.3. u. p. Espoo: Sähköinfo Oy.

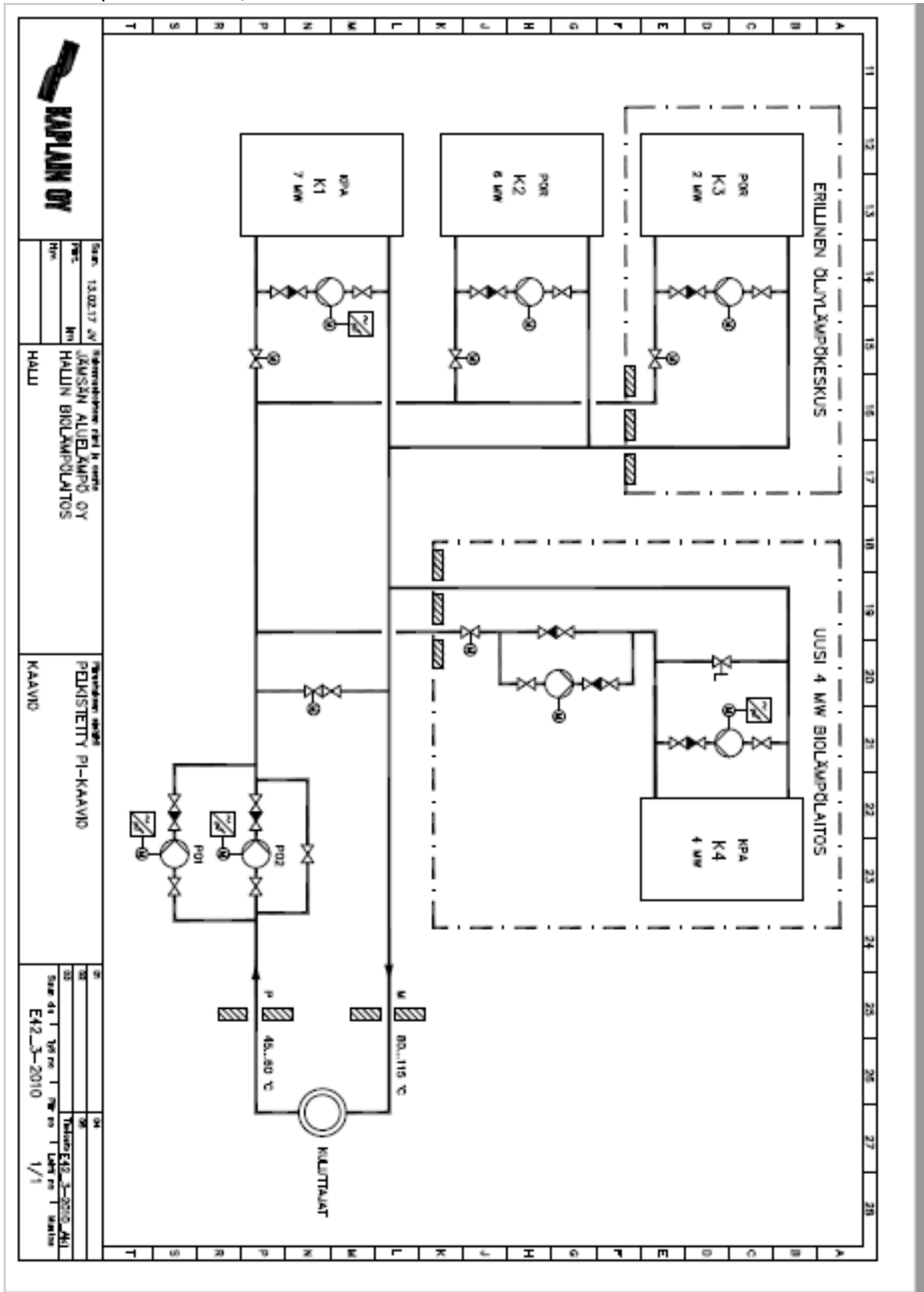
Jämsän Aluelämpö Oy, vuosikertomus 2015.

KLTK 2007 1.6 Sähkönsyöttö. Haettu 8.1 2017 osoitteesta
<http://docplayer.fi/42417-Kattilalaitosten-turvallisuusohjeet-heinakuu-2007.html>

Lampinen, S. (2016). Varavoiman ohjaus. Sähköposti Nieminen, A.
10.5.2016

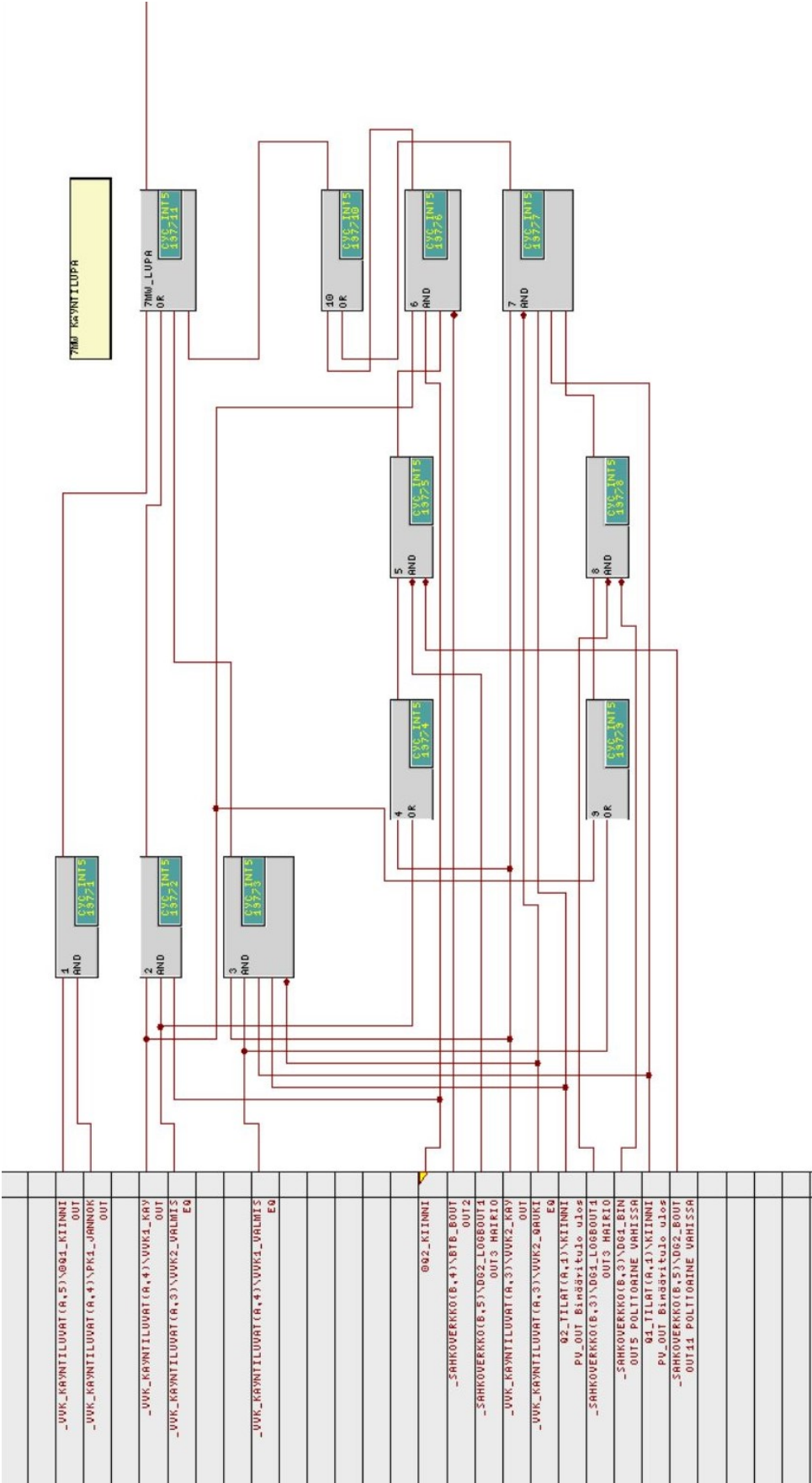
SFS 12952-7 (2013). Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 7: Vaatimukset kattilan varusteille sivu 74. Haettu 13.12.2016 osoitteesta
<https://online.sfs.fi>

Hallin lämpölaitoksien PI/kaavio.

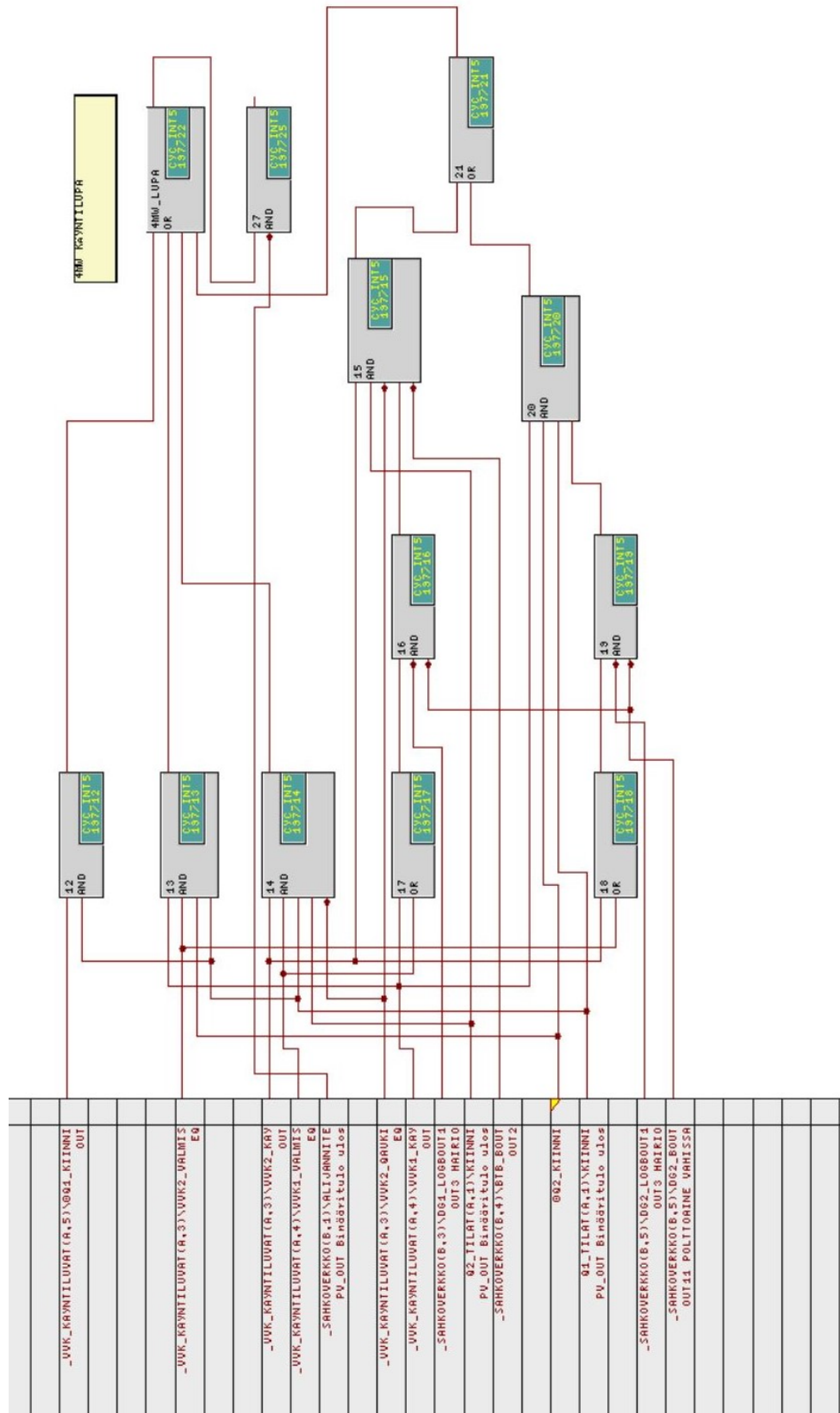


[illegible]

7 MW KPA-kattilan lukitusohjelma Siemens logiikalla.

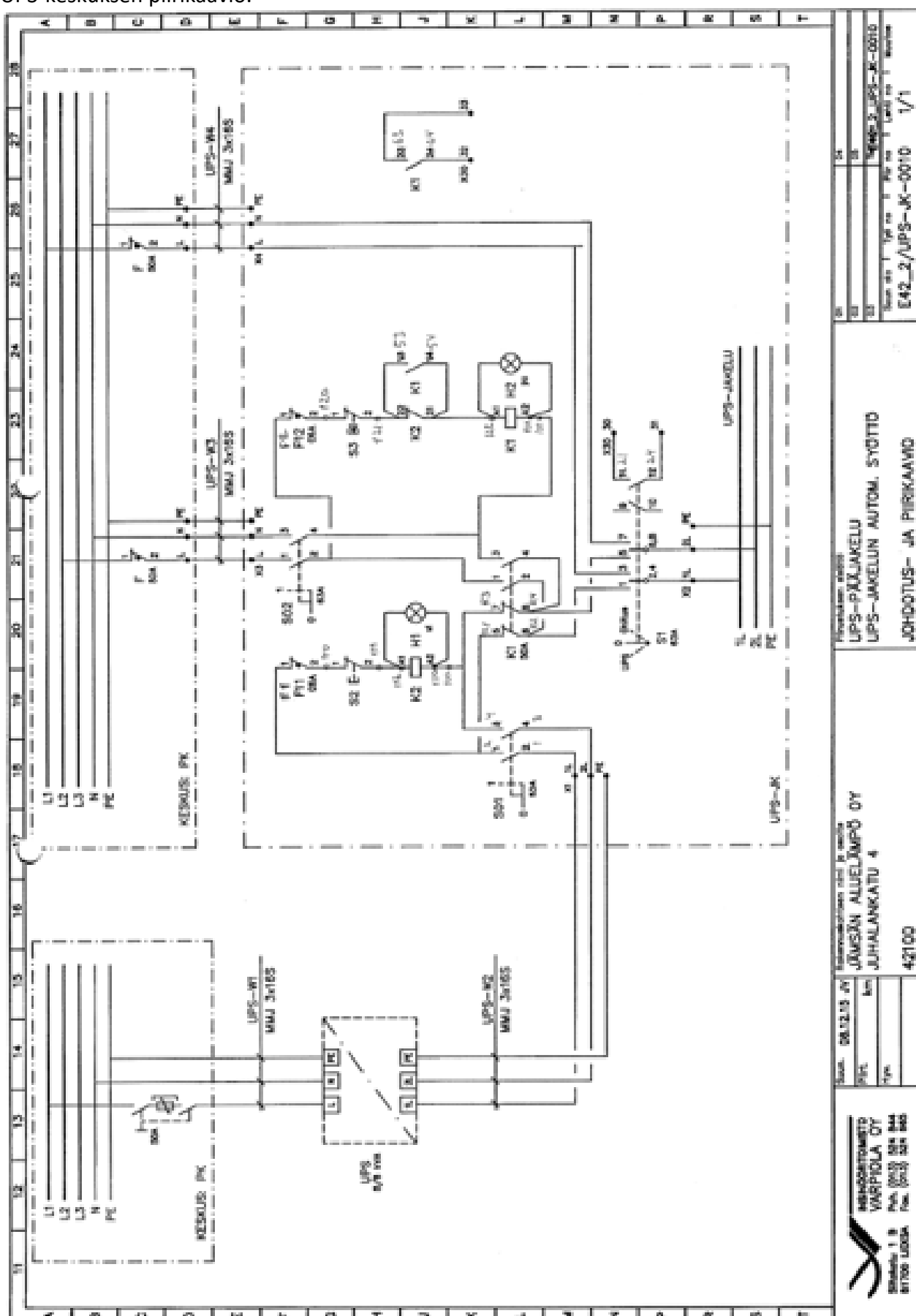


4 MW KPA – kattilan lukitusohjelma Siemens logiikalla.



The diagram illustrates a heating system (Lämpökeskus) with a central heating station (Lämpökeskus) and a network of pipes and valves. The system is designed to provide heating to various rooms (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T). The central heating station (Lämpökeskus) includes a boiler (Kyläkattila) and a pump (Pumppu). The diagram shows the distribution of heating water to the rooms through a network of pipes and valves. The drawing is labeled 'Lämpökeskus' and 'Kyläkattila'.

UPS-keskuksen piirikaavio.



Liite 7

4 MW:n laitoksen pääkatkaisijan historiatiedot.

IntelliMonitor [3.2.0] Name: BTB Firmware ver.: IM-NT-BB-3.4.0 R3.11.2015
 Connection Monitor - C03 - BTB PK2 History Multi Tools Settings Window Help

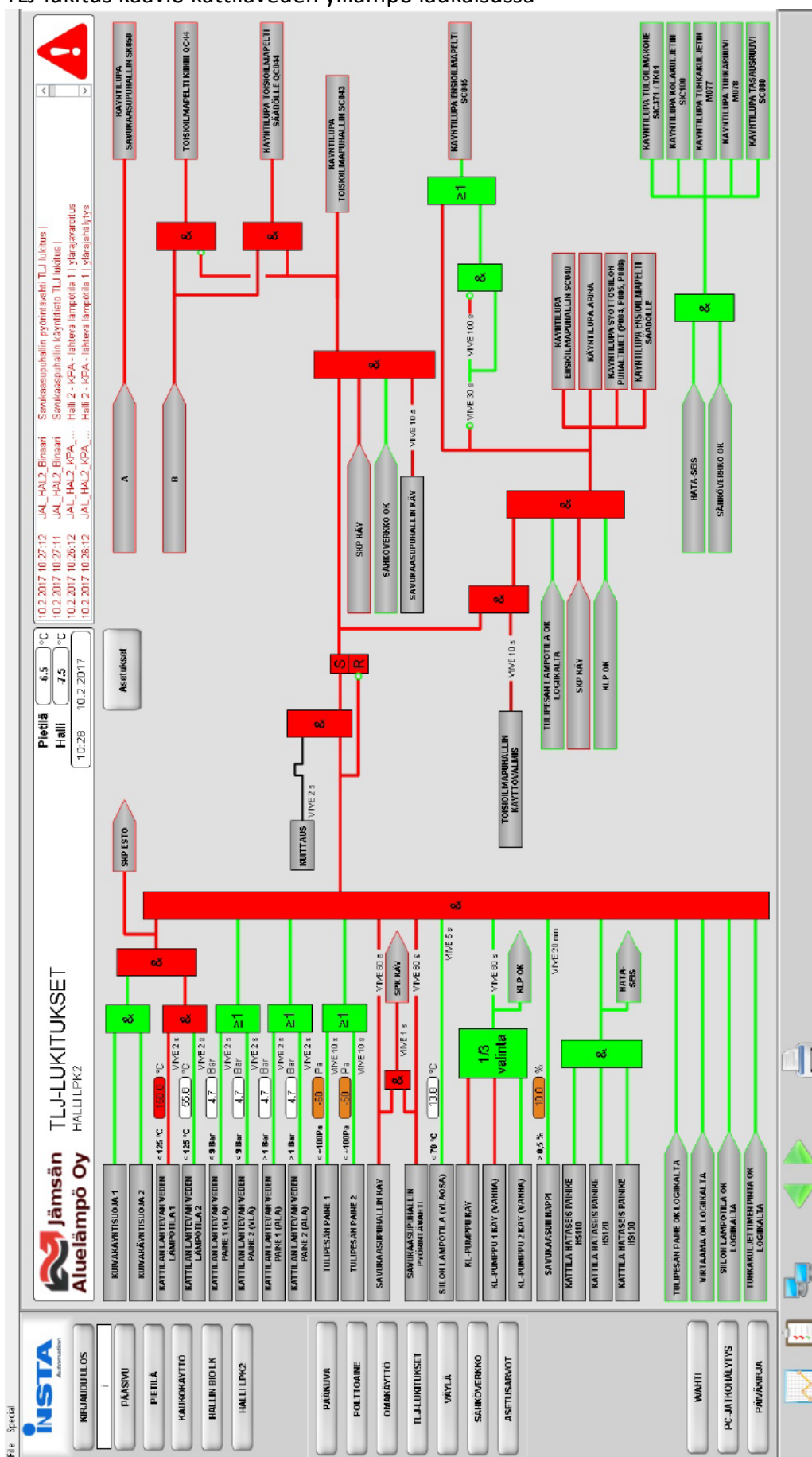
Veriko PK1

History - C03 - BTB PK2

Reason	Date	Time	P	Q	PF	LChrg	BLfrq	VbL1	VbL2	VbL3	VbL12	VbL23	VbL31	I1	I2	I3	BRfrq	Vbr1	Vbr2	Vbr3	Vbr12	Vbr23	Vbr31	Ubat	CPUT	BN	BOUT	Mode	SB03
0. Time stamp	8.2.2017	18:00:00.4	20	0	1.00	R	50.0	235	236	236	236	405	408	410	24	26	36	50.0	236	235	235	408	408	410	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-1. Time stamp	8.2.2017	17:00:00.2	23	2	0.99	L	50.0	232	236	235	235	406	408	407	26	36	37	50.0	234	235	236	407	410	410	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-2. Time stamp	8.2.2017	16:00:00.3	26	3	0.99	L	50.0	232	235	233	233	404	405	403	31	41	42	50.0	232	233	234	404	407	406	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-3. Time stamp	8.2.2017	15:00:00.2	23	2	0.99	L	50.1	234	235	234	235	407	406	406	31	38	40	50.1	234	235	236	407	409	408	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-4. Time stamp	8.2.2017	14:00:00.1	24	0	1.00	R	50.0	234	236	236	236	406	408	409	29	38	40	50.0	235	235	236	407	409	410	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-5. Time stamp	8.2.2017	13:00:00.2	22	0	1.00	R	50.0	234	235	236	236	406	407	409	26	34	36	50.0	235	234	236	408	408	411	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-6. Time stamp	8.2.2017	12:00:00.3	20	0	1.00	R	49.9	235	236	235	236	407	407	409	24	26	36	50.0	235	234	235	408	408	410	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-7. Time stamp	8.2.2017	11:00:00.0	21	0	1.00	R	50.0	232	234	233	233	404	403	404	24	33	35	50.0	232	233	234	405	406	405	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-8. Time stamp	8.2.2017	10:00:00.1	22	0	1.00	R	50.0	233	234	233	233	405	404	405	25	36	38	50.0	233	233	234	406	407	406	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-9. Time stamp	8.2.2017	9:00:00.0	28	0	1.00	R	50.1	230	231	231	231	398	400	401	41	40	45	50.1	230	230	231	400	401	402	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-10. Time stamp	8.2.2017	8:00:00.2	25	0	1.00	R	50.0	231	234	233	233	403	405	403	31	41	41	50.0	231	233	234	404	406	405	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-11. Time stamp	8.2.2017	7:00:00.1	21	0	1.00	R	50.0	232	234	233	233	403	404	403	23	35	36	50.0	231	233	234	404	407	405	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-12. Time stamp	8.2.2017	6:00:00.1	21	0	1.00	R	50.0	233	234	233	233	405	404	405	26	28	36	50.0	232	234	234	405	407	406	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-13. Time stamp	8.2.2017	5:00:00.2	20	0	1.00	R	50.1	232	234	234	234	403	405	404	25	28	36	50.1	232	233	234	404	407	407	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-14. Time stamp	8.2.2017	4:00:00.2	20	0	1.00	R	49.9	233	235	235	235	405	407	407	25	28	36	49.9	234	234	235	406	408	410	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-15. Time stamp	8.2.2017	3:00:00.4	20	0	1.00	R	49.9	235	237	237	237	408	410	410	25	28	36	49.9	236	236	236	410	411	413	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-16. Time stamp	8.2.2017	2:00:00.1	20	0	1.00	R	50.0	234	237	234	234	405	406	408	25	27	36	50.1	235	234	234	408	407	408	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-17. Time stamp	8.2.2017	1:00:00.2	20	0	1.00	R	50.1	238	238	237	237	412	411	413	26	27	36	50.1	237	238	238	413	414	414	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-18. Time stamp	8.2.2017	0:00:00.1	20	0	1.00	R	50.1	236	237	236	236	409	409	411	25	27	36	50.1	236	236	236	411	411	412	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-19. Time stamp	7.2.2017	23:00:00.3	18	0	1.00	R	50.0	236	238	237	237	410	411	411	21	25	32	50.0	236	238	238	411	414	413	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-20. Time stamp	7.2.2017	22:00:00.2	21	0	1.00	R	50.0	235	236	235	235	407	407	409	25	28	37	50.0	236	235	236	410	409	410	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-21. Time stamp	7.2.2017	21:00:00.2	20	0	1.00	R	50.0	236	238	237	237	410	411	411	23	26	36	50.0	236	237	238	411	412	413	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-22. Time stamp	7.2.2017	20:00:00.1	20	0	1.00	R	49.9	234	236	236	236	407	409	408	24	28	36	49.9	235	235	236	408	409	412	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-23. Time stamp	7.2.2017	19:00:00.1	19	0	1.00	R	50.0	234	236	236	236	406	409	408	22	27	36	50.0	235	235	236	407	410	412	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-24. Time stamp	7.2.2017	18:00:00.2	19	0	1.00	R	50.1	235	235	235	235	405	407	410	23	25	36	50.1	235	234	235	408	409	410	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-25. Time stamp	7.2.2017	17:00:00.2	19	0	1.00	R	50.0	234	236	236	236	406	409	408	21	26	34	50.0	234	235	236	407	410	411	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-26. Time stamp	7.2.2017	16:00:00.0	21	0	1.00	R	50.0	233	235	234	234	405	406	405	29	27	36	50.0	232	235	234	406	409	406	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-27. Time stamp	7.2.2017	15:00:00.1	22	0	1.00	R	50.0	236	236	236	236	409	409	411	27	31	37	50.0	237	237	236	412	411	412	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-28. Time stamp	7.2.2017	14:00:00.3	19	0	1.00	R	50.1	234	234	234	234	404	405	407	17	35	35	50.1	234	233	234	407	406	407	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-29. Time stamp	7.2.2017	13:00:00.1	23	0	1.00	R	50.0	233	234	234	234	404	404	406	26	38	40	50.0	233	234	234	407	406	406	27.6	24.8	10000000 0000	AUT	10000000
-30. Time stamp	7.2.2017	12:00:00.2	19	0	1.00	R	50.0	236	237	237	237	411	410	411	20	28	36	50.0	235	237	237	411	413	411	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-31. Time stamp	7.2.2017	11:00:00.2	25	0	1.00	R	50.0	232	234	234	234	404	404	406	36	36	44	50.0	233	234	235	406	407	407	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000
-32. Time stamp	7.2.2017	10:00:00.2	28	0	1.00	R	50.0	233	235	234	234	404	405	405	40	40	50	50.0	232	233	234	404	407	407	27.6	23.8	10000000 0000	AUT	10000000
-33. Time stamp	7.2.2017	9:00:00.0	23	-1	1.00	R	49.9	230	231	231	231	398	399	402	36	35	33	49.9	230	230	231	400	401	401	27.6	23.8	10000000 0000	AUT	10000000
-34. Time stamp	7.2.2017	8:00:00.1	24	0	1.00	R	50.0	232	233	233	233	402	401	403	36	35	34	50.0	231	232	233	404	405	404	27.6	23.8	10000000 0000	AUT	10000000
-35. Time stamp	7.2.2017	7:00:00.1	24	0	1.00	R	50.0	230	233	233	233	400	403	403	36	35	36	50.0	231	232	233	401	404	405	27.6	23.8	10000000 0000	AUT	10000000
-36. Time stamp	7.2.2017	6:00:00.3	17	0	1.00	R	50.0	231	231	231	231	399	400	401	16	26	33	50.0	231	231	231	402	402	402	27.6	23.8	10000000 0000	AUT	10000000
-37. Time stamp	7.2.2017	5:00:00.2	15	0	1.00	R	50.1	231	233	232	232	401	402	401	12	23	31	50.1	231	232	233	402	404	404	27.6	23.8	10000000 0000	AUT	10000000
-38. Time stamp	7.2.2017	4:00:00.1	17	0	1.00	R	50.0	232	232	233	233	401	403	405	15	26	34	50.0	233	232	232	404	403	405	27.6	23.8	10000000 0000	AUT	10000000
-39. Time stamp	7.2.2017	3:00:00.3	17	0	1.00	R	50.0	234	234	233	233	404	404	406	16	26	34	50.0	234	234	233	407	405	407	27.6	23.8	10000000 0000	AUT	10000000
-40. Time stamp	7.2.2017	2:00:00.1	16	0	1.00	R	50.0	233	234	233	233	405	404	404	15	24	31	50.0	232	234	234	406	407	406	27.6	23.8	10000000 0000	AUT	10000000
-41. Time stamp	7.2.2017	1:00:00.1	17	0	1.00	R	50.0	235	234	233	233	405	404	407	16	26	34	50.0	235	234	234	408	406	407	27.6	24.3	10000000 0000	AUT	10000000

Connection: Air Gate BTB Dde server: Running

File Special



Kattilalaitoksien sähköverkon jakelu.

